1922. № 87.

ИЗВЕСТИЯ

Glavnoĭ Rossiĭskoĭ astronomicheskoĭ observatorii

ГЛАВНОЙ РОССИЙСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ.

Том VIII, 5.

BULLETIN

DE L'OBSERVATOIRE CENTRAL DE RUSSIE A POULKOVO.

Vol. VIII, 5.

La couleur des planètes Neptune et Uranus.

Par G. A. Tikhoff.

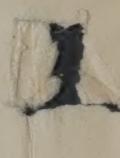
Introduction.

Pour étudier la couleur bleue de Neptune et d'Uranus j'ai pris en 1915 la décision de mesurer leur intensité en différentes parties du spectre en employant la méthode de filtres sélecteurs.

Une des causes de la couleur bleue de ces planètes est bien connue: c'est l'absorption dans leur atmosphère de certaines radiations dans les parties les moins réfrangibles du spectre. Or, il se pose la question de savoir aussi le rôle que pourrait jouer l'atmosphère des planètes dans la diffusion des rayons lumineux suivant la loi de Lord Rayleigh qui produit la coloration bleue de l'atmosphère terrestre.

La méthode que j'emploie consiste dans la comparaison de l'intensité des planètes en différentes parties du spectre avec l'intensité des étoiles voisines du type spectral solaire. Pour se rendre compte de la précision des mesures et de différentes erreurs propres à la méthode employée il est très important de relier l'intensité en différentes couleurs par une formule théorique. Or, c'est justement l'équation de M. Planck qui relie la distribution spectrale de l'énergie avec la température. L'applicabilité de cette formule aux étoiles a été prouvée par plusieurs astronomes; moi-même, je l'ai appliquée à l'étude de la température des étoiles de Pléiades dans un mémoire paru en 1912 (Publications de l'Observatoire de Poulkovo, volume XVII, série II). La méthode que j'emploie dans le présent travail est la même que dans le mémoire cité, de façon que je n'insisterai pas ici sur les détails, renvoyant simplement

le lecteur à mon travail de 1912. Cependant, pour donner au lecteur la possibilité de s'orienter facilement dans le développement de cette étude, je me permets de reproduire ici quelques formules publiées déjà dans mon mémoire de 1912.



§ 1. Clichés étudiés. Filtres sélecteurs et échelles.

Je me servais, comme dans la plupart de mes travaux antérieurs, de l'astrographe de Bredikhine et des deux prismes-objectifs différents s'adaptant à cet astrographe. Je me servais de 6 filtres sélecteurs qui se rencontrent aussi dans plusieurs de mes travaux antérieurs.

On trouve dans le tableau I des indications concernant les plaques et les filtres employés. Les limites des parties du spectre qui travaillent dans les combinaisons employées ont été déterminées de nouveau, et elles diffèrent un peu de celles qu'on trouve dans mes recherches antérieures. Pour cette raison nous avons calculé de nouveau les tables qui servent pour la détermination de la température des étoiles; ces tables sont imprimées dans le § 4 de ce mémoire.

Tableau I.

№ du filtre	Plaque employée	Limites de la région photographiée du spectre	Longueur d'onde effective	Couleurs correspondantes à la région photographiée
57	Wratten-panchromatic	0.675 μ—0.605 μ	0.640 μ	Rouge et orangé
73	Ilford-Rapid-Chromatic ou Ilford-Versatile-Ortho ou Agfa-Chromo	.595 — .535	.565	Jaune et une partie du vert
32	Ilford-Rapid-Chromatic ou Ilford-Versatile-Ortho	.570 — .480	.525	Une partie du jaune, le vert et une partie du bleu
32	Agfa-Chromo	.575 — .480	.530	" " "
65	Ilford-Rapid-Chromatic ou Ilford-Versatile-Ortho ou Agfa-Chromo	.490 — .430	.460	Bleu et indigo
78	" " "	.430 — .360	.395	Violet et ultraviolet
39′	" " "	.415 — .360	incertaine	Une partie du violet; ultraviolet

La longueur d'onde effective du filtre № 39′ fera l'objet des études spéciales dans la suite de ce mémoire.

Le tableau II contient des indications concernant les clichés étudiés.

Tableau II.

NEPTUNE.

Série et année	№ du cliché	Date	Temps sidéral de Poulkovo du milieu de la pose	Durée de la pose	Images	Transparence	Sorte de la plaque	№ du filtre sélecteur	λ effectif	Mode de développement
I 1915	1240	mars 7	$9^h 22^m.2$	$20^m.0$	assez mauvaises	très bonne	Ilford-Rapid-Chromatic	73	0.565 μ	8 minutes dans le „rodinal Agfa“ à 4% à la température de 18°—19° C.
	1255	„ 28	11 45.5	15.0	médiocres	bonne	„	„	„	
	1242	„ 7	10 41.2	30.0	assez mauv.	très bonne	„	32	0.525	
	1257	„ 28	12 39.8	22.5	médiocres	bonne	„	„	„	
	1239	„ 7	9 5.2	10.0	assez mauv.	très bonne	„	65	0.460	
	1254	„ 28	11 30.8	7.5	médiocres	bonne	„	„	„	
	1241	„ 7	10 16.7	15.0	assez mauv.	très bonne	„	78	0.395	
	1256	„ 28	12 20.6	11.25	médiocres	bonne	„	„	„	
	1238	„ 7	8 48.2	20.0	assez mauv.	très bonne	„	39′	—	
	1253	„ 28	11 16.5	15.0	médiocres	bonne	„	„	—	
II 1916	1350	mars 26	$9^h 19^m.3$	$1^h 20^m.0$	médiocres	bonne	Wratten-panchromatic	57	0.640	8 minutes dans le „certinal Ilford“ à 5% à la température de 17°—18°.5 C.
	1367	avril 7	12 3.9	1 0.0	bonnes	très bonne	„	„	„	
	1335	févr. 28	10 45.2	0 20.0	médiocres	„	Ilford-Rap.-Chrom.	73	0.565	
	1353	mars 26	12 21.3	25.0	„	assez mauvaise	Ilf.-Rap.-Chr. (backed)	„	„	
	1337	févr. 28	12 6.7	20.0	„	très bonne	Ilf.-Rap.-Chr.	32	0.525	
	1352	mars 26	11 30.3	20.0	„	médiocre	Ilf.-Rap.-Chr. (backed)	„	„	
	1334	févr. 28	10 28.2	10.0	„	très bonne	Ilf.-Rap.-Chrom.	65	0.460	
	1344	mars 4	11 6.6	15.0	bonnes	assez bonne	„	„	„	
	1336	févr. 28	11 47.2	15.0	médiocres	très bonne	„	78	0.395	
	1351	mars 26	11 8.8	20.0	„	médiocre	Ilf.-Rap.-Chr. (backed)	„	„	
	1333	févr. 28	10 10.2	20.0	„	très bonne	Ilf.-Rap.-Chrom.	39′	—	
	1342	mars 4	10 1.1	40.0	bonnes	„	„	„	—	
III 1916	1366	avril 7	$11^h 6^m.1$	$20^m.0$	bonnes	très bonne	Agfa-Chromo	73	0.565	8 minutes dans le „rodinal Agfa“ à 4% à la température de 17° C.
	1369	„ 7	13 11.9	25.0	assez bonnes	assez bonne	„	32	.530	
	1365	„ 7	10 34.9	10.0	bonnes	très bonne	„	65	.460	
	1368	„ 7	12 47.4	20.0	assez bonnes	assez bonne	„	78	.395	
	1364	„ 7	10 17.9	20.0	bonnes	très bonne	„	39′	—	

URANUS.

Série et année	№ du cliché	Date	Temps sidéral de Poulkovo du milieu de la pose	Durée de la pose	Images	Transparence	Sorte de la plaque	№ du filtre sélecteur	λ effectif	Mode de développement
IV 1917	1522	sept. 11	$22^h 7^m.9$	$26^m.0$	mauvaises	bonne	Wratten-panchromatic	57	0.640	8 minutes dans le „Cara“ à 15% à la température de 18°—19°.5 C.
	1523	„ 16	21 17.8	40.0	„	„	„	„	„	
	1521	„ 8	22 35.5	5.0	„	très bonne	Ilford-Versatile-Ortho	73	.565	
	1537	oct. 17	21 5.7	8.0	assez bonnes	assez bonne	Ilf.-Rap.-Chrom.	„	„	
	1521	sept. 8	22 25.5	7.0	mauvaises	très bonne	Ilf.-Vers.-Ortho	32	.525	
	1537	oct. 17	21 16.2	8.0	assez bonnes	assez bonne	Ilf.-Rap.-Chrom.	„	„	
	1521	sept. 8	22 17.0	3.0	mauvaises	très bonne	Ilf.-Vers.-Ortho	65	.460	
	1524	„ 16	22 8.0	env. 1.5	„	bonne; à la fin, des nuages	Ilf.-Rap.-Chrom	„	„	
	1537	oct. 17	21 24.2	4.0	assez bonnes	assez bonne	„	„	„	
	1521	sept. 8	22 11.0	3.0	mauvaises	très bonne	Ilf.-Versat.-Ortho	78	.395	
	1524	„ 16	22 2.1	6.0	„	bonne	Ilf.-Rap.-Chrom	„	„	
	1537	oct. 17	21 30.7	6.0	assez bonnes	assez bonne	„	„	„	

Les clichés d'Uranus demandent quelques explications supplémentaires. On voit dans le tableau II qu'un même cliché d'Uranus (№№ 1521, 1524 et 1537) contient plusieurs images de la planète obtenues avec des filtres différents. C'est qu'en été 1916 on a fait pour cela un dispositif spécial. Ce dispositif consiste en un cadre métallique qui entre dans le corps de la chambre photographique à la distance de 5 cm. à peu près de la plaque sensible. On place un filtre dans ce cadre, on met la plaque au point de la couleur correspondante et l'on fait la pose.

Les avantages de ce dispositif sont très considérables: 1) on a besoin d'une plaque au lieu de plusieurs et l'on emploie bien moins de temps pour les manipulations photographiques ultérieures; 2) les propriétés photographiques de la couche sensible restent pratiquement les mêmes pour les différentes images tandis qu'en photographiant sur plusieurs plaques on introduit forcément des causes d'erreur parfois bien redoutables; 3) l'image extrafocale de l'étoile sur le filtre a un diamètre très considérable de façon que la poussière, les bulles d'air et d'autres petits défauts du filtre sont sans importance; dans le cas de l'astrographe de Bredikhine le diamètre en question dépasse un peu 10 mm., l'ouverture de l'objectif étant f : 4,6.

Les choses en étaient bien différentes auparavant, quand je plaçais le filtre dans le châssis même tout près de la plaque sensible, ce qui faisait toujours redouter l'influence nuisible de ses défauts sur les images des étoiles.

Pour mesurer les intensités des planètes et des étoiles de comparaison sur les clichés je me servais des échelles photographiques; sur mes échelles le rapport des durées de la pose des images consécutives est égal à 2. Quelques unes de ces échelles ont déjà servi dans mes recherches publiées antérieurement. La durée de la pose de la plus faible image (№ 1) est égale sur toutes les échelles à 4^s.

Dans le tableau III on trouve des indications sur les échelles employées.

Dans l'échelle № 1044 l'intensité des 4 premières images principales n'augmente pas, à ce qu'il paraît, regulièrement; la cause en est probablement dans les variations de la transparence; on s'est servi pour cette raison des images de contrôle de poses correspondantes.

Toutes les échelles du tableau III sont développées pendant 8 minutes dans la solution du „rodinal — Agfa" de 4% à la température de 18°5 à 19°7 C.

Pour la détermination des spectres des étoiles de comparaison nous avons pris des photographies indiquées dans le tableau IV.

Tableau III.

№ de l'échelle	Date	Temps sidéral de Poulkovo	Filtre	Plaque	λ effectif	Nombre des images principales dans l'échelle (nombre des degrés)	Nombre des images de contrôle	Etoile
1044	1913, déc. 20	$3^h 15^m — 4^h 5^m$	57	Wratten-panchrom.	0.640μ	9	5	η Tauri
1047	1913, „ 23	3 16 — 4 6	57	„ „	0.640	9	5	„ „
1113	1914, mars 24	11 50 —12 38	73	Agfa-Chromo	.565	9	5	BD + 26°2354
707	1911, nov. 29	2 57 — 4 28	32	„ „	.530	10	5	Pléiades, №№ 90 et 34 [1]
449	1910, avril 5	11 40 —13 5	65	„ „	.460	10	4	BD + 26°2354 et BD + 27°2138
1123	1914, mars 30	12 0 —12 47	78	„ „	.395	9	5	BD + 26°2354 et BD + 27°2138
451	1910, avril 7	11 25 —12 50	39′	„ „	—	10	4	BD + 26°2354 et BD + 27°2138

Tableau IV.

Objet	№ du cliché	Date	Durée de la pose	Prisme	Longueur du spectre entre les raies F et H	Plaque
Neptune	1246	1915, mars 9	30^m et 13^m	Flint UV, 13°	1,8 mm.	Ilford-Monarch
Région de Neptune au commencement de 1915	1331	1916, févr. 4	1^h	Flint dense, 20°	6,3 mm.	„ „
Neptune	1332	„ „ „	$1^h\ 2^m.5$	„ „ „	„	„ „
„	1356	„ mars 30	1 40.0	„ „ „	„	„ „
Uranus	1526	1917, sept. 17	10^m et 6^m	„ „ „	„	Ilford-Versatile-Ortho
„	1528	„ „ 20	12^m	„ „ „	„	Ilford-Rapid-Chrom.
„	1538	„ oct. 17	36^m	„ „ „	„	„ „ „

1) Les №№ des étoiles des Pléiades sont ceux de M. Gaultier. (Bull. de la Soc. astr. de France, 1900).

§ 2. Étoiles de comparaison.

Le tableau V contient les désignations, les grandeurs et les spectres des étoiles de comparaison.

Tableau V.

NEPTUNE EN 1915.

Mon № de l'étoile	Désignation dans B. D.	Grandeur	Cliché № 1246 Spectre	Cliché № 1246 Remarques	Cliché № 1331 Spectre	Cliché № 1331 Remarques	Spectre adopté
1	+20° 1959	8.7	Ao		A3		A2
2	21 1731	8.5	G		K		K
3	19 1896	7.0	Ao!		Ao!	surexposé	Ac!
4	20 1976	7.0	G—K	Chute rapide d'éclat après 395 μμ	K	surexposé entre Hβ et Hγ	K
5	21 1737	8.5	Ao		A3	—	A2
6	19 1900	8.6	F		A5	un peu surexposé	A8
7	20 1982	8.1	Ao!		Ao!		Ao!
8	20 1986	7.5	G		K		K
9	21 1753	7.0	A1		A2		A2
10	20 1992	8.8	F		A8		A8
11	20 1993	8.3	A8		F5		F
12	20 1994	8.6	Ao!		A2		A1
13	19 1911	7.0	A	surexposé	Ao!	surexposé	Ao
14	20 1998	8.8	A3		A3		A3
15	21 1763	7.9	G—K	plus près de K	K		K
16	20 2003	7.8	G		G		G
17	19 1934	8.1	G		G		G
18	20 2008	8.7	Ao!		Ao		Ao

Dans le spectre de Neptune (cliché № 1246) la raie Hβ est bien plus intense que dans les spectres des étoiles du type G.

NEPTUNE EN 1916

Mon № de l'étoile	Désignation dans B. D.	Grandeur	Cliché № 1332 Spectre	Cliché № 1332 Remarques	Cliché № 1356 Spectre	Cliché № 1356 Remarques	Spectre adopté
1	+20° 2003	7.8	F9	} On ne remarque pas de diffé-	Go!	un peu surexposé	Go
2	19 1934	8.1	F9	} rence entre ces deux spectres	Go!		Go
3	20 2008	8.7	A2		Ao!		Ao
4	20 2012	9.0	A5		A4		A5
5	19 1941	9.0	F	un peu couvert par le spectre d'une autre étoile	A3		A5
6	19 1948	9.2	?F	sousexposé; très faible	?A ?F	sousexposé	A5
7	20 2020	8.2	G2	un peu faible	Go		G1
8	20 2021	8.6	K5	faible	Ko		K2
9	21 1792	7.0	Fo		Fo	surexposé	Fo
10	20 2028	8.2	K5		K5		K5
11	21 1800	8.4	G3	un peu faible	Ko		G5
12	19 1963	7.6	Ko	identique avec α Tauri	K1		Ko
13	20 2040	8.0	A3		A3		A3
14	20 2045	8.5	Fɔ		Fo		Fo
15	20 2049	8.5	A2		A3		A2
16	20 2057	8.0	Ko		G8		G9

Dans le spectre de Neptune (cliché № 1356) la raie Hβ est bien plus large que dans les spectres des étoiles du type G.

Tableau V (suite).

URANUS EN 1917.									
Mon № de l'étoile	Désignation usuelle	Grand.	Spectre	Spectre d'après A. J. Cannon (Harvard Ann., vol. LVI, p. 147)	Mes déterminations du spectre				Spectre adopté
		d'après Revised Harvard Photom.			Cliché № 1526	Cliché № 1528		Cliché № 1538	
						Spectre	Remarques		
4	42 Capricorni	5.28	K	G5	G	G – G5	un peu surexposé	—	G5
5	44 „	5.99	A	A5	A2—A3	A5—F		A5—F	A5
6	45 „	5.90	A	A5	A5	A3—A5		A2	A5

Dans le spectre d'Uranus la raie Hβ se distingue par son intensité et sa largeur.

§ 3. Résultats immédiats de mesure.

La mesure de l'intensité des planètes et des étoiles a été faite au moyen du microscope à éclipse Zeiss adapté au support du stéréocomparateur. Le mode de cette mesure a été décrit dans mes travaux publiés antérieurement (voir, par exemple, № 40 du Bulletin (Mitteilungen) de l'Observatoire de Poulkovo).

Les résultats immédiats de mesure et de première réduction sont donnés dans le tableau VI divisé en 5 sections.

Les clichés de Neptune de 1915 ont été mesurés par moi et par M-r B. P. Herassimovitch, astronome à l'Observatoire de Kharkov, lors de ses études à Poulkovo en 1916.

Quelques étoiles du tableau V ont été rejetées au cours de mesure parce qu'elles se sont montrées dans quelques couleurs trop intenses ou bien trop faibles pour être mesurées au moyen des échelles employées. D'autres sont rejetées après la première réduction pour les causes indiquées dans les remarques.

Chaque intensité des étoiles représente la moyenne de deux mesures dont l'une correspond à la position du cliché dans le cadre gauche de l'appareil, et l'autre — dans le cadre droit. Quant à l'intensité de Neptune, elle est la moyenne de 3 mesures doubles; enfin, l'intensité d'Uranus représente la moyenne de 2 mesures doubles.

Le symbole λ_s désigne la longueur d'onde effective (λ effectif).

Les moyennes définitives des intensités mesurées sont désignées dans tout ce travail par D_s, où s prend les valeurs 1, 2, 3, 4, 5 et 6 correspondant respectivement à λ_s égal à 0.640; 0.565; 0.525 (ou 0.530); 0.460; 0.395 μ et à λ effectif du filtre ultraviolet 39'.

Tableau VI. Section 1.

Neptune en 1915. Mesures de G. A. Tikhoff.

№ de l'épreuve \ λ_s	0.565 μ				0.525 μ					
	1240	1255	$a-b$	$D_2=\frac{a+b}{2}$	1242	1257	$a-b$	$(a-b)'=(a-b)$ réduit graphiquement	$b'=b+(a-b)'$	$D_3=\frac{a+b'}{2}$
	a	b			a	b				
Neptune	5.99	5.67	+0.32	5.83	4.82	4.67	+0.15	—0.09	4.58	4.70
1	3.95	3.65	+ .30	3.80	3.22	2.65	+ .57	+ .33	2.98	3.10
2	6.35	6.08	+ .27	6.22	4.45	4.50	— .05	— .05	4.45	4.45
3	7.40	6.85	+ .55	—	5.95	6.45	— .50	—	—	—
5	3.95	3.70	+ .25	3.82	2.85	2.55	+ .30	+ .35	2.90	2.88
6	4.32	4.28	+ .04	4.30	3.10	3.28	— .18	+ .20	3.48	3.29
7	5.92	5.78	+ .14	5.85	4.80	5.15	— .35	— .19	4.96	4.88
8	7.22	7.55	— .33	—	5.45	5.90	— .45	—	—	—
9	6.18	6.35	— .17	6.26	5.00	5.20	— .20	— .20	5.00	5.00
10	4.12	4.08	+ .04	4.10	3.18	3.05	+ .13	+ .25	3.30	3.24
11	4.62	4.28	+ .34	4.45	3.70	3.35	+ .35	+ .19	3.54	3.62
12	3.42	3.30	+ .12	3.36	2.85	2.35	+ .50	+ .40	2.75	2.80
13	8.90	—	—	—	7.70	8.32	— .62	—	—	—
14	4.28	4.15	+ .13	4.22	3.05	2.85	+ .20	+ .29	3.14	3.10
15	6.02	6.02	.00	6.02	4.55	4.62	— .07	— .08	4.54	4.54
16	5.98	5.90	+ .08	5.94	4.60	4.70	— .10	— .10	4.60	4.60
17	6.18	6.02	+ .16	6.10	4.85	4.80	+ .05	— .12	4.68	4.76
18	4.20	4.25	— .05	4.22	3.38	3.15	+ .23	+ .23	3.38	3.38

№ de l'épreuve \ λ_s	0.460 μ				0.395 μ				0.385 μ			
	1239	1254	$a-b$	$D_4=\frac{a+b}{2}$	1241	1256	$a-b$	$D_5=\frac{a+b}{2}$	1238	1253	$a-b$	$D_6=\frac{a+b}{2}$
	a	b			a	b			a	b		
Neptune	6.11	5.72	+0.39	5.92	3.87	2.99	+0.88	3.43	4.66	4.24	+0.42	4.45
1	4.95	4.32	+ .63	4.64	3.15	2.30	+ .85	2.72	3.70	3.20	+ .50	3.45
2	5.80	5.42	+ .38	5.61	3.12	2.28	+ .84	2.70	3.48	3.20	+ .28	3.34
3	7.70	7.20	+ .50	—	5.62	4.88	+ .74	—	6.45	6.38	+ .07	—
5	4.55	4.20	+ .35	4.38	3.18	2.52	+ .66	2.85	3.95	3.58	+ .37	3.76
6	4.52	4.50	+ .02	4.51	2.65	2.05	+ .60	2.35	3.70	3.18	+ .52	3.44
7	6.65	6.30	+ .35	6.48	4.95	4.32	+ .63	4.64	6.20	5.65	+ .55	5.92
8	6.38	6.00	+ .38	—	3.80	2.55	+1.25	—	4.15	3.28	+ .87	—
9	6.72	6.40	+ .32	6.56	4.75	4.32	+ .43	4.54	6.20	5.55	+ .65	5.88
10	4.42	3.95	+ .47	4.18	2.50	2.12	+ .38	2.31	4.18	3.35	+ .83	3.76
11	5.25	4.72	+ .53	4.98	3.40	2.60	+ .80	3.00	4.40	3.22	+1.18	3.81
12	4.30	3.95	+ .35	4.12	2.80	2.05	+ .75	2.42	3.68	3.12	+ .56	3.40
13	8.88	8.75	+ .13	—	6.52	6.12	+ .40	—	7.30	7.20	+ .10	—
14	4.60	4.38	+ .22	4.49	3.05	2.45	+ .60	2.75	3.98	3.42	+ .56	3.70
15	5.60	5.30	+ .30	5.45	2.90	2.22	+ .68	2.56	3.25	2.65	+ .60	2.95
16	6.05	5.55	+ .50	5.80	4.08	3.38	+ .70	3.73	4.65	4.18	+ .47	4.42
17	6.10	5.82	+ .28	5.96	3.70	3.55	+ .15	3.62	4.80	4.22	+ .58	4.51
18	5.42	5.00	+ .42	5.21	3.65	3.12	+ .53	3.38	4.85	4.05	+ .80	4.45

Les étoiles №№ 3, 8 et 13 sont rejetées dans la suite pour les causes suivantes:
№ 3 est trop éloignée de Neptune. № 8 donne des $(a-b)$ trop différents par rapport aux autres étoiles.
№ 13 est trop grande sur l'épreuve № 1255 de façon qu'elle sort des limites de l'échelle employée.

Tableau VI. Section 2.

Neptune en 1915. Mesures de B. P. Herassimovitch.

λ_s / *	0.565 μ				0.525 μ			
№ de l'épreuve	1240	1255	$a-b$	$D_2=\frac{a+b}{2}$	1242	1257	$a-b$	$D_3=\frac{a+b}{2}$
	a	b			a	b		
Neptune	6.05	6.10	—0.05	6.08	4.95	5.30	—0.35	5.12
1	—	4.15	—	—	3.00	3.35	— .35	3.18
2	6.75	6.20	+ .55	6.48	4.75	4.85	— .10	4.80
3	7.70	7.45	+ .25	7.58	—	—	—	—
5	4.10	4.15	— .05	4.12	3.15	3.30	— .15	3.22
6	4.65	5.05	— .40	4.85	2.70	3.30	— .60	3.00
7	6.15	6.35	— .20	6.25	5.15	5.45	— .30	5.30
8	7.15	7.85	— .70	7.50	5.65	6.10	— .45	5.88
9	6.20	6.75	— .55	6.48	5.10	5.55	— .45	5.32
10	4.25	4.28	— .03	4.26	3.20	3.45	— .25	3.32
11	4.55	5.10	— .55	4.82	4.00	4.05	— .05	4.02
12	3.45	4.00	— .55	3.72	2.70	2.70	.00	2.70
13	—	—	—	—	8.00	8.85	— .85	8.42
14	4.30	4.25	+ .05	4.28	3.20	3.60	— .40	3.40
15	6.15	6.65	— .50	6.40	4.80	4.85	— .05	4.82
16	6.05	6.15	— .10	6.10	5.05	4.75	+ .30	4.90
17	6.45	6.10	+ .35	6.28	5.00	5.20	— .20	5.10
18	4.35	4.75	— .40	4.55	3.60	3.75	— .15	3.68

λ_s / *	0.460 μ				0.395 μ				0.375 μ			
№ de l'épreuve	1239	1254	$a-b$	$D_4=\frac{a+b}{2}$	1241	1256	$a-b$	$D_5=\frac{a+b}{2}$	1238	1253	$b-b$	$D_6=\frac{a+b}{2}$
	a	b			a	b			a	b		
Neptune	6.25	5.70	+0.55	5.98	4.35	3.60	+0.75	3.98	5.05	4.85	+0.20	4.95
1	4.65	4.70	— .05	4.68	—	—	—	—	—	—	—	—
2	6.05	5.30	+ .75	5.68	4.00	3.15	+ .85	3.58	4.20	3.80	+ .40	4.00
3	7.95	6.95	+1.00	7.45	5.65	5.15	+ .50	5.40	6.45	6.20	+ .25	6.32
5	4.80	4.60	+ .20	4.70	3.00	3.25	— .25	3.12	4.65	3.95	+ .70	4.30
6	5.25	4.65	+ .60	4.95	3.05	3.05	.00	3.05	4.20	3.50	+ .70	3.85
7	6.80	6.20	+ .60	6.50	5.25	4.55	+ .70	4.90	6.05	5.75	+ .30	5.90
8	6.75	5.55	+1.20	6.15	4.00	3.10	+ .90	3.55	4.60	3.70	+ .90	4.15
9	6.80	6.65	+ .15	6.72	4.80	4.60	+ .20	4.70	6.05	5.45	+ .60	5.75
10	4.05	4.35	— .30	4.20	3.00	2.45	+ .55	2.72	4.10	4.15	— .05	4.12
11	5.05	5.00	+ .05	5.02	3.80	3.00	+ .80	3.40	4.75	3.95	+ .80	4.35
12	4.80	4.20	+ .60	4.50	3.05	2.75	+ .30	2.90	4.30	3.85	+ .45	4.08
13	9.20	8.30	+ .90	8.75	6.65	6.00	+ .65	6.32	7.35	7.15	+ .20	7.25
14	5.15	5.05	+ .10	5.10	2.95	2.75	+ .20	2.85	4.40	3.80	+ .60	4.10
15	5.65	5.30	+ .35	5.48	3.40	3.05	+ .35	3.22	3.65	3.45	+ .20	3.55
16	6.20	5.60	+ .60	5.90	4.20	3.65	+ .55	3.92	5.00	4.60	+ .40	4.80
17	6.45	5.05	+1.40	5.75	4.55	3.75	+ .80	4.15	5.05	4.50	+ .55	4.78
18	5.55	4.70	+ .85	5.12	3.95	3.55	+ .40	3.75	5.15	4.55	+ .60	4.85

Tableau VI. Section 3.

Neptune en 1916. Plaques Wratten-panchromatic et Ilford-Rapid-Chromatic.

λ_s / *	0.640 μ				0.565 μ					0.525 μ							
№ de l'épreuve	1350				1335	1353[2]				1337				1352			
Echelle	№ 1047	№ 1044								*№ 90	*№ 34			*№ 34			
	I	II	I—II	$D_1 = \frac{I+II}{2}$	a	b	$a-b$	$b' = b + 1.76$	$D_2 = \frac{1}{2}(a+b')$ ou a	I	II	I—II	$a = \frac{I+II}{2}$	b	$a-b$	$b' = b + 0.57$	$D_3 = \frac{1}{5}(3a+2b')$ ou a
Neptune	3.32	3.31	+0.01	3.32	6.15	4.21	+1.94	5.97	6.06	4.17	5.99	−1.82	5.08	4.27	+0.81	4.84	4.98
1	4.78	4.90	— .12	4.84	6.40	4.30	2.10	6.06	6.23	4.05	5.90	−1.85	4.98	4.22	.76	4.79	4.90
2	5.08	5.02	+ .06	5.05	6.45	4.28	2.17	6.04	6.24	4.32	6.18	−1.86	5.25	4.25	1.00	4.82	5.08
3	2.28	2.22	+ .06	2.25	4.72	3.00	1.72	4.76	4.74	2.85	4.75	−1.90	3.80	3.20	.60	3.77	3.79
4	1.90	2.05	— .15	1.98	3.88	—	—	—	3.88	1.60	3.68	−2.08	2.64	2.25	.39	2.82	2.71
5	2.18	2.18	.00	2.18	4.28	—	—	—	4.28	2.20	4.20	−2.00	3.20	3.08	.12	3.65	3.38
6	1.05	1.02	+ .03	1.04	3.12	—	—	—	3.12	1.08	3.05	−1.97	2.06	—	—	—	2.06
7	5.25	5.25	.00	5.25	6.10	4.32	1.78	6.08	6.09	3.50	5.38	−1.88	4.44	4.20	.24	4.77	4.57
8	4.22	4.20	+ .02	4.21	5.30	3.12	2.18	4.88	5.09	2.65	4.58	−1.93	3.62	2.95	.67	3.52	3.58
9	6.60[1]	6.42	+ .18	6.48	7.52	6.05	1.47	7.81	7.66	5.45	7.35	−1.90	6.40	5.85	.55	6.42	6.41
10	5.42	5.38	+ .04	5.40	6.05	4.38	1.67	6.14	6.10	3.45	5.35	−1.90	4.40	4.18	.22	4.75	4.54
11	4.40	4.45	— .05	4.42	5.52	3.55	1.97	5.31	5.42	3.28	5.20	−1.92	4.24	3.28	.96	3.85	4.08
12	5.75	5.80	— .05	5.78	6.60	5.1:[3]	1.50:	6.86:[3]	6.69	4.25	6.02	−1.77	5.14	4.62	.52	5.19	5.16
13	2.30	2.28	+ .02	2.29	5.00	3.10	1.90	4.86	4.93	2.75	4.62	−1.87	3.68	3.20	.48	3.77	3.72
14	3.18	3.18	.00	3.18	4.92	3.45	1.47	5.21	5.06	2.75	4.68	−1.93	3.62	3.15	.47	3.72	3.66
15	2.20	2.22	— .02	2.21	4.30	3.12	1.18	4.88	4.59	2.32	4.35	−2.03	3.34	2.68	.66	3.25	3.30
16	5.35	5.30	+ .05	5.32	6.40	4.75	1.65	6.51	6.46	4.15	6.15	−2.00	5.15	4.42	.73	4.99	5.09
Moyenne							+1.76								+0.57		

λ_s / *	0.460 μ					0.395 μ				0.370 μ			
№ de l'épreuve	1334	1344				1336	1351			1333	1342		
	a	b	$a-b$	$b' = b - 0.53$[4]	$D_4 = \frac{1}{2}(a+b)$ ou $\frac{1}{2}(a+b')$	a	b	$a-b$	$D_5 = \frac{a+b}{2}$	a	b	$a-b$	$D_6 = \frac{a+b}{2}$
Neptune	6.18	7.67	—1.49	7.14	6.66	5.40	4.55	+0.85	4.98	7.57	8.41	—0.84	7.99
1	6.10	6.55	—0.45		6.32	5.85	4.42	1.43	5.14	7.60	8.50	— .90	8.05
2	6.05	6.78	— .73		6.42	5.62	4.38	1.24	5.00	7.48	8.55	—1.07	8.02
3	5.22	6.22	—1.00		5.72	5.58	4.40	1.18	4.99	7.65	8.45	—0.80	8.05
4	3.50	4.30	— .80		3.90	4.15	3.08	1.07	3.62	5.80	6.82	—1.02	6.31
5	4.40	5.68	—1.28		5.04	4.60	3.30	1.30	3.95	6.00	7.32	—1.32	6.66
6	2.35	4.38	—2.03		3.36	3.18	2.25	0.93	2.72	4.50	5.48	—0.98	4.99
7	5.22	5.95	— .73		5.58	4.12	3.12	1.00	3.62	5.40	6.22	— .82	5.81
8	4.18	5.35	—1.17		4.76	2.38	1.70	0.68	2.04	3.50	4.20	— .70	3.85
9	7.30	8.35	—1.05	7.82	7.56	7.40	6.50	.90	6.95	8.88	9.32	— .44	9.10
10	4.98	5.45	— .47		5.22	2.35	1.85	.50	2.10	2.90	4.35	—1.45	3.62
11	4.90	5.38	— .48		5.14	3.38	2.42	.96	2.90	4.40	5.38	—0.98	4.89
12	6.08	7.35	—1.27	6.82	6.45	4.25	3.35	.90	3.80	5.65	7.08	—1.43	6.36
13	5.65	6.38	— .73		6.02	5.32	4.30	1.02	4.81	7.02	8.02	—1.00	7.52
14	5.30	5.75	— .45		5.52	4.52	3.58	0.94	4.05	6.32	7.42	—1.10	6.87
15	4.85	5 65	— .80		5.25	4.52	3.82	.70	4.17	6.38	7.48	—1.10	6.93
16	5.78	6.30	— .52		6.04	4.28	3.25	1.03	3.76	5.85	6.65	—0.80	6.25

[1] Cette valeur est prise avec le poids 1/2, parce que le degré № 7 de l'échelle № 1047 paraît être un peu trop faible.

[2] Il est noté dans le cahier de mesure que l'épreuve № 1353 n'inspire pas beaucoup de confiance à cause des mauvaises images des étoiles dont quelques unes ne méritent même pas de mesure. C'est pourquoi il a fallu prendre la moyenne des $(a-b)$ pour réduire les valeurs de l'épreuve 1353 à celles de l'épreuve 1335.

[3] Poids 1/2.

[4] La constante de réduction —0.53 est obtenue de la façon suivante. A part l'étoile № 6, la valeur $(a-b)$ de Neptune est sensiblement différente de celle des autres étoiles. Pour la réduction de cette différence nous nous sommes servis des étoiles №№ 9 et 12 dont la valeur b est la plus proche de la valeur b de Neptune. Nous avons formé la moyenne des $(a-b)$ pour toutes les étoiles sauf Neptune et №№ 6, 9 et 12 ce qui a donné —0.74, et aussi la moyenne des $(a-b)$ pour Neptune et les étoiles 9 et 12 ce qui est égale à —1.27. Or la différence —1.27—(—0.74) = —0.53 donne justement la constante de réduction.

Tableau VI. Section 4.

Neptune en 1916. Plaques Wratten-panchromatic et Agfa-Chromo.

№ de l'épreuve	λ_s / *	0.640 μ	0.565 μ	0.530 μ	0.460 μ	0.395 μ	0.380 μ
		1367	1366	1369	1365	1368	1364
		D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
	Neptune	2.83	6.58	5.03	5.57	6.11	7.61
	1	4.00	7.00	4.88	5.02	6.30	7.58
	2	4.32	7.30	5.10	5.30	6.08	7.50
	3	2.15	5.35	3.58	4.25	5.68	7.40
	4	1.28	4.08	2.38	3.25	4.32	5.88
	5	2.12	4.55 4)	3.02	3.48 1)	4.85	5.90
	6	1.10 3)	—	1.28	2.15 1)	3.22	4.48
	7	4.42	6.82	4.70	4.40	4.35	5.80 2)
	8	3.32	5.92	3.90	3.70	2.42	3.25
	9	5.32	—	6.75	6.75	8.02	9.05
	10	4.60	6.50	4.28	4.05	2.50	3.55
	11	4.02	6.20	4.12	3.82	3.30	4.28
	12	5.18	7.30 1)	5.15	4.95 5)	4.85 1)	5.95
	13	2.12	5.05	3.55	4.82 5)	5.72	7.15
	14	2.45	5.25	3.60	4.10 5)	5.25	6.48
	16	2.08	4.35 2)	3.08	3.68: 5)	5.05	6.40
	16	4.70	7.25 1)	4.88	4.95 5)	4.65	5.42

Les plaques Agfa-Chromo ont une propriété fort désagréable dans l'étude des étoiles faibles: elles sont parsemées d'une quantité de petits points qui, dans certaines conditions d'éclairage, semblent brillants et, dans d'autres, noirs. La proximité d'un ou de plusieurs de ces points de l'image d'une étoile faible est plus ou moins gênante dans la mesure photométrique. Ces cas sont indiqués par les chiffres 1) et 2) dont voici la signification:

1) Les points gênent la mesure excessivement ou beaucoup.
2) „ „ „ „ „ médiocrement ou peu.

Voici la signification d'autres indices:

3) L'image de l'étoile est grande, grise et inspire peu de confiance.
4) „ „ „ „ grisâtre.
5) „ „ „ „ allongée.

Tableau VI. Section 5.

Uranus en 1917.

λ_s / *	0.640 μ									
№ de l'épreuve	1522				1523					
Echelle	№ 1047	№ 1044	I—II	$a = \frac{I+II}{2}$	№ 1047	№ 1044	I—II	$b = \frac{I+II}{2}$	$a-b$	$D_1 = \frac{a+b}{2}$
	I	II			I	II				
Uranus	2.52	2.60	—0.08	2.56	4.08	3.77	+0.31	3.92	—1.36	3.24
4	5.10	5.12	— .02	5.11	6.00	5.70	+ .30	5.85	—0.74	5.48
5	3.10	3.18	— .08	3.14	4.18	3.98	+ .20	4.08	— .94	3.61
6	2.78	2.98	— .20	2.88	4.05	3.85	+ .20	3.95	—1.07	3.42

λ_s / *	0.565 μ				0.525 μ			
№ de l'épreuve	1521	1537			1521	1537		
Echelle			$a-b$	$D_2 = \frac{a+b}{2}$	* № 34		$a-b$	$D_3 = \frac{a+b}{2}$
	a	b			a	b		
Uranus	5.31	4.18	+1.13	4.74	6.28[1])	5.15	+1.13	5.72
4	6.32	5.32	1.00	5.82	6.70	6.20	0.50	6.45
5	5.15	3.40	1.75	4.28	5.60	4.78	.82	5.19
6	4.68	3.52	1.16	4.10	5.48	4.72	.76	5.10

λ_s / *	0.460 μ												
№ de l'épreuve	1521	1524[3])				1537							
Echelle	BD+26° 2354	BD+26° 2354	BD+27° 2138	I − II	$b = \frac{I+II}{2}$	BD+26° 2354	BD+27° 2138	I − II	$c = \frac{I-II}{2}$	$a-b$	$a-c$	$b-c$	$D_4 = \frac{a+b+c}{3}$
	a	I	II			I	II						
Uranus	6.78:[2])	5.39	7.50	—2.11	6.44	6.22	8.26	—2.04	7.24	+0.34	—0.46	—0.80	6.83
4	7.18	6.75	8.90	—2.15	7.82	7.02	9.00	—1.98	8.01	— .64	— .83	— .19	7.67
5	6.40	6.50	8.50	—2.00	7.50	6.58	8.70	—2.12	7.64	—1.10	—1.24	— .14	7.18
6	6.55	6.32	8.35	—2.03	7.34	6.45	8.45	—2.00	7.45	—0.79	—0.90	— .11	7.11

1) La mesure est un peu gênée par l'image empiétante d'une étoile.
2) La mesure est gênée par l'image empiétante d'une étoile. Poids $^1/_2$.
3) Les images des étoiles 4, 5 et 6 sont un peu allongées dans la direction W — E.

Tableau VI. Section 5. (Suite).

λ_s / *	0.395 μ						
№ de l'épreuve	1521	1524	1537				
Echelle	* BD + 27° 2138			$a-b$	$a-c$	$b-c$	$D_5=\frac{a+b+c}{3}$
	a	b	c				
Uranus	4.12	5.65	4.10	—1.53	+0.02	+1.55	4.62
4	5.00	7.08	5.00	—2.08	.00	2.08	5.69
5	4.80	7.05	4.80	—2.25	— .08	2.17	5.58
6	4.95	6.70	4.72	—1.75	+ .23	1.98	5.46

§ 4. Formules et tables pour la détermination de la température effective des étoiles.

Pour donner au lecteur la possibilité de suivre facilement la réduction ultérieure des valeurs du tableau VI, il est nécessaire d'indiquer ici la transformation que nous avons fait subir à la formule bien connue de Planck.

Voici cette formule:

$$J = C\lambda^{-5}\left(e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1\right)^{-1}; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

où J représente l'énergie du rayonnement, C et c — des constantes, λ — la longueur d'onde, e — la base des logarithmes neperiens et T — la température absolue centigrade. En exprimant λ en millièmes du millimètre (μ), on trouve, d'après les observations de laboratoire, $c = 14200$.

Pour simplifier l'aspect des formules, introduisons la désignation suivante:

$$\left(e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1\right) = f(\lambda, T) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

L'équation (1) passe alors en

$$J = \frac{C\lambda^{-5}}{f(\lambda, T)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Soient T et T_0 les températures de deux étoiles et J, J_0, i, i_0 leurs énergies du rayonnement et les éclats correspondant à une même valeur de λ.

On a alors:

$$\frac{J}{J_0}=\frac{i}{i_0}=\frac{f(\lambda, T_0)}{f(\lambda, T)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Soient: D et D_0 les éclats de ces étoiles exprimés en nos degrés des échelles; m et m_0 — les éclats correspondants exprimés en grandeurs photométriques.

On peut écrire:

$$m_0 - m = x\,(D - D_0) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Or

$$\frac{i}{i_0} = 2{,}512^{m_0 - m} \quad \text{ou} \quad \lg\left(\frac{i}{i_0}\right) = 0.4\,(m_0 - m)$$

ce qui, d'après (5), donne:

$$\lg\left(\frac{i}{i_0}\right) = 0.4\,x\,(D - D_0),$$

ou bien, à cause de (4):

$$\lg f(\lambda, T_0) - \lg f(\lambda, T) = 0.4\,x\,(D - D_0) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Soit n le nombre des parties différentes du spectre pour lesquelles on a fait la mesure de l'intensité des étoiles. En affectant de l'indice s les valeurs correspondantes à une même partie du spectre, on a l'équation générale:

$$\frac{1}{0.4\,x}\left[\lg f(\lambda_s, T_0) - \lg(\lambda_s, T)\right] = D_s - D_{0,s}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

où

$$s = 1,\ 2,\ 3, \ldots\ldots n.$$

Il arrive dans la pratique que les observations dans quelques'unes des parties du spectre ne sont pas aussi bonnes que dans les autres ou bien en diffèrent par d'autres propriétés. On est donc conduit à former l'intensité moyenne des étoiles sans introduire ces sortes de rayons.

Soit m le nombre des parties du spectre qui sont entrées dans la formation de l'intensité moyenne. Si l'on écrit pour chacune de ces parties l'équation (7) et si l'on prend leur moyenne, on trouve, en admettant que x reste constant:

$$\frac{1}{0.4\,x}\left[\frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T_0) - \frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T)\right] = \frac{1}{m}\sum D_s - \frac{1}{m}\sum D_{0,s} \ldots\ldots \quad (8)$$

Enfin, en soustrayant (7) de (8) et en désignant

$$\frac{1}{m}\sum D_s = M, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

$$\frac{1}{m}\sum D_{0,s} = M_0, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

on obtient:

$$\frac{1}{0.4\,x}\left\{\left[\frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T_0) - \lg f(\lambda_s, T_0)\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T) - \lg f(\lambda_s, T)\right]\right\} = M - D_s - (M_0 - D_{0,s}) \ldots \quad (11)$$

Le nombre total de ces équations est égal à m.

Examinons les quantités qui entrent dans l'équation (11). Comme l'on voit de (9) et (10), les valeurs M et M_0 se calculent facilement d'après les intensités D_s es $D_{0,s}$ trouvées par la mesure. La quantité x représente le nombre des grandeurs photométriques qu'on gagne en doublant la durée de la pose. D'apres nos recherches antétieures et celles d'autres personnes, nous adoptons pour les plaques Ilford-Rapid-Chromatic, Ilford-Versatile-Ortho et Agfa-Chromo $x = 0.6$. Comme terme de comparaison nous prenons les étoiles du type spectral *Ao* pour lequelles nous adoptons, d'après les recherches de M. M. Wilsing et Scheiner à Potsdam, $T_0 = 10700°$.

Ainsi, il ne reste dans l'équation (11) qu'une inconnue, à savoir T. Cependant, cette équation est trop compliquée pour qu'on en puisse calculer directement T, pour lequel on aurait, d'ailleurs, m valeurs différentes, suivant le nombre des équations (11).

Pour la solution de l'équation (11) il faut construire les tables de la quantité renfermée entre { } que nous désignerons par α_s. Ainsi.

$$\left\{\left[\frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T_0) - \lg f(\lambda_s, T_0)\right] - \left[\frac{1}{m}\sum_{1}^{m}\lg f(\lambda_s, T) - \lg f(\lambda_s, T)\right]\right\} = \alpha_s \ldots \quad (12)$$

On a alors, d'après (11) et (12):

$$\frac{\alpha_s}{0.4\,x} = M - [D_s + (M_0 - D_{0,s})] \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Introduisons les désignations:

$$D_s + (M_0 - D_{0,s}) = \Delta_s \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

et

$$M - \Delta_s = \delta_s \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Pour les étoiles de température T_0 la formule (14) devient

$$D_{0,s} + M_0 - D_{0,s} = \Delta_{0,s},$$

ou

$$\Delta_{0,s} = M_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Cela montre que les étoiles de température T_0 reçoivent une même valeur numérique d'intensité dans toutes les parties du spectre. Pour cette cause nous appellerons la transformation de D_s en Δ_s par la formule (14) „la réduction à un même point de zéro des étoiles de température T_0“ ou, tout simplement, „la réduction à T_0“.

Prenant en considération (14) et (15), nous obtenons pour l'équation (13) la forme simplifiée:

$$\frac{\alpha_s}{0.4\,x} = \delta_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Le premier membre de cette équation n'est autre chose que la valeur théorique ou calculée de δ_s. En la désignant par $(\delta_s)_c$, nous avons donc

$$\frac{\alpha_s}{0.4\,x} = (\delta_s)_c, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

et l'équation (17) prend tout simplement la forme:

$$(\delta_s)_c = \delta_s \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Ces données sont suffisantes pour suivre facilement les transformations ultérieures des valeurs du tableau VI et la construction des tables pour le calcul de T.

Le tableau II nous montre que le nombre des parties du spectre dans lesquelles nous avons mesuré l'intensité des étoiles, est égal à 5 ou à 6; les rayons 0.565 μ, 0.525 (ou 0.530), 0.460 et 0.395 se rencontrent dans toutes les séries d'observations, tandis que les rayons 0.640 μ et les rayons ultraviolets (filtre № 39′) sont quelquefois absents. Pour ces deux sortes de rayons nous employons, d'ailleurs, des réductions différentes ce qui provient des causes suivantes: pour les rayons 0.640 μ nous nous sommes servis des plaques d'une autre espèce que pous tous les autres rayons de façon qu'on ne peut pas adopter dans ce cas la même valeur de x, à savoir 0.6; quant aux rayons ultraviolets, leur forte absorption par notre atmosphère change plus ou moins considérablement la valeur effective de λ du filtre № 39′, suivant la distance zénithale à laquelle a été prise la photographie; à part cela ce filtre laisse

passer une partie du spectre trop étendue pour qu'on la puisse considérer pratiquement comme monochromatique.

Pour ces raisons, dans la réduction ultérieure des observations et dans le calcul des tables de T, nous avons formé les intensités moyennes d'après 4 parties du spectre, ce qui donne $m = 4$; en même temps nous avons $n = 5$ ou 6.

Dans la construction des tables de T la première chose à faire est le calcul de la fonction (2) et de son logarithme pour les différentes valeurs de λ et de T. Nos calculs sont faits pour les valeurs de T variant de 2000° à 20000°; parmi ces valeurs se trouve aussi $T = 10700°$ adopté pour les étoiles du type *A*o.

Quant aux rayons ultraviolets on a fait les calculs pour

$$\lambda = 0.385;\ 0.380;\ 0.375 \text{ et } 0.370\,\mu\text{ [1]}$$

dans le but de déterminer la valeur de λ effectif du filtre 39′ d'après les observations des étoiles mêmes.

On calcule ensuite les moyennes $\frac{1}{m}\sum_{1}^{m} \lg f(\lambda_s, T_0)$ et $\frac{1}{m}\sum_{1}^{m} \lg f(\lambda_s, T)$. Dans le cas des plaques Ilford-Rapid-Chromatic et Ilford-Versatile-Ortho nous avons pris la moyenne pour les rayons:

0.565; 0.525; 0460 et 0.395 μ

et dans le cas des plaques Agfa-Chromo 0.565; 0.530; 0.460 et 0.395 μ.

Ensuite, on calcule les différences contenues entre [ ] des équations (11) et (12) et la fonction α_s (12).

Les valeurs de α_s sont nécessaires dans la détermination du facteur x. En effet, si x est inconnu, on peut le calculer d'après la formule

$$x = \frac{\alpha_s}{0.4\,\delta_s}, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

qu'on obtient immédiatement de (17).

---

1) Les calculs pour ces rayons sont faits par M-me I. N. Balanovskaïa.

Tableau VII.

Valeurs de la fonction a_s.

T \ λ_s	0.640	0.565	0.525	0.460	0.395	0.640	0.565	0.530	0.460	0.395
2000°	−1.306	−0.800	−0.471	+0.193	+1.080	−1.296	−0.790	−0.504	+0.203	+1.090
2100	1.228	752	442	182	1.016	1.219	743	474	191	1.025
2200	1.157	710	418	171	0.958	1.148	701	447	180	0.967
2300	1.092	670	395	161	904	1.084	662	423	169	912
2400	1.032	633	373	153	856	1.025	626	400	160	863
2500	0.978	600	353	144	811	0.971	593	379	151	818
2600	927	569	335	137	770	920	562	359	144	777
2800	837	514	303	124	696	831	508	324	130	702
3000	759	467	275	112	631	753	461	295	118	637
3200	691	425	251	102	575	686	420	269	107	580
3400	630	388	229	93	526	626	384	246	97	530
3600	577	355	210	85	482	573	351	225	89	486
3800	530	326	193	78	442	526	322	206	82	446
4000	487	300	178	72	407	484	297	191	75	410
4300	430	265	157	64	361	428	263	169	66	363
4600	381	235	140	56	320	379	233	150	58	322
4900	338	209	124	49	284	336	207	133	51	286
5200	300	185	110	44	253	299	184	119	45	254
5500	267	165	98	39	225	266	164	106	40	226
5900	227	140	83	34	193	227	140	91	34	193
6300	194	120	72	29	165	194	120	77	29	165
6700	164	101	60	24	140	164	101	65	24	140
7100	138	86	51	20	118	138	86	55	20	118
7500	115	71	43	17	99	115	71	46	17	99
8000	91	56	34	13	78	91	56	36	13	78
8500	69	42	26	11	59	70	43	28	10	58
8700	61	37	23	9	53	62	38	25	8	52
9000	50	31	19	7	43	50	31	20	7	43
9500	33	20	12	5	29	34	21	14	4	28
10000	17	10	6	3	16	18	11	7	+ .002	15
10500	− .004	− .002	− .002	+ .001	+ .004	− .005	− .003	− .002	.000	+ .003
10700	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
11000	+ .008	+ .006	+ .002	.000	− .006	+ .006	+ .004	+ .002	− .002	− .008
12000	29	18	11	− .003	23	27	16	10	5	25
13000	45	29	17	6	38	44	28	18	7	39
14000	60	38	22	8	50	58	36	23	10	52
15000	72	46	27	10	61	70	44	28	12	63
16000	82	52	31	11	70	80	50	32	13	72
17000	91	58	34	12	77	89	56	36	14	79
18000	100	63	37	13	84	98	61	39	15	86
19000	106	67	39	15	90	104	65	42	17	92
20000°	+0.113	+0.071	+0.042	−0.015	−0.095	+0.110	+0.068	+0.044	−0.018	−0.098

Nous avons dit plus haut que pour les plaques Ilf.-Rap.-Chrom., Ilf.-Vers.-Ortho et Agfa-Chromo nous avons adopté $x = 0.6$. Dans ce cas le facteur $\frac{1}{0.4\,x}$ devient $\frac{1}{0.24}$ ou 4.167, et l'équation (17) prend la forme:

$$4.167\alpha_s = \delta_s \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

Les valeurs de $4.167\alpha_s$ sont données dans le tableau VIII.

Tableau VIII. Section 1.

Valeurs de la fonction $4.167\alpha_s$ ou $(\delta_s)_C$

pour les plaques Ilford-Rapid-Chromatic et Ilford-Versatile-Ortho.

T \ λ_s	0.565	0.525	0.460	0.395	0.385	0.380	0.375	0.370
2000°	−3.33	−1.96	+0.80	+4.50				
2100	3.13	1.84	76	4.23				
2200	2.96	1.74	71	3.99				
2300	2.79	1.65	67	3.77				
2400	2.64	1.55	64	3.57				
2500	2.50	1.47	60	3.38				
2600	2.37	1.40	57	3.21				
2800	2.14	1.26	52	2.90				
3000	1.95	1.15	47	2.63	+3.03	+3.24	+3.45	+3.66
3200	1.77	1.05	42_5	2.40	2.76	2.95	3.15	3.34
3400	1.62	0.95	39	2.19	2.52	2.70	2.88	3.06
3600	1.48	87_5	35	2.01	2.31	2.48	2.64	2.80
3800	1.36	80	32_5	1.84	2.12	2.28	2.42	2.58
4000	1.25	74	30	1.70	1.95	2.09	2.23	2.37
4300	1.10	65	27	1.50	1.73	1.85	1.98	2.10
4600	0.98	58	23	1.33	1.54	1.64	1.75	1.86
4900	87	52	20	1.18	1.37	1.46	1.56	1.66
5200	77	46	18	1.05	1.22	1.30	1.39	1.48
5500	69	41	16	0.94	1.08	1.16	1.24	1.31
5900	58	35	14	80	0.93	0.99	1.06	1.12
6300	50	30	12	69	79	85	0.90	0.96
6700	42	25	10	58	67	72	77	82
7100	36	21	8	49	57	61	64	69
7500	30	18	7	41	48	51	55	58
8000	23	14	5	32_5	38	40	43	46
8500	17_5	11	5	25	29	31	33	34
8700	15	10	4	22	25	27	29	30
9000	13	8	3	18	20	22	24	25
9500	8	5	2	12	14	15	16	17
10000	4	2_5	+ .01	7	8	9	9	9
10500	− .01	− .01	.00	+ .02	+ .02	+ .02	+ .02	+ .02
10700	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11000	+ $.02_5$	+ .01	.00	− $.02_5$	− .02	− .02	− .03	− .03
12000	7_5	5	− .01	10	11	12	13	14
13000	12	7	2_5	16	18	20	21	22
14000	16	9	3	21	24	26	27	30
15000	19	11	4	25	−0.29	−0.31	−0.33	−0.36
16000	22	13	5	29				
17000	24	14	5	32				
18000	26	15	5	35				
19000	28	16	6	37_5				
20000°	+0.30	+0.175	−0.06	−0.40				

Tableau VIII. Section 2.

Valeurs de la fonction $4.167\alpha_s$ ou $(\delta_s)_C$.
pour les plaques Agfa-Chromo.

T \ λ_s	0.565	0.530	0.460	0.395	0.385	0.380	0.375	0.370
2000°	—3.29	—2.10	+0.85	+4.54				
2100	3.10	1.98	80	4.27				
2200	2.92	1.86	75	4.03				
2300	2.76	1.76	70	3.80				
2400	2.61	1.67	67	3.60				
2500	2.47	1.58	63	3.41				
2600	2.34	1.50	60	3.24				
2800	2.12	1.35	54	2.93				
3000	1.92	1.23	49	2.65	+3.05	+3.27	+3.48	+3.70
3200	1.75	1.12	45	2.42	2.78	2.97	3.17	3.36
3400	1.60	1.02$_5$	40	2.21	2.54	2.72	2.89	3.08
3600	1.46	0.94	37	2.03	2.33	2.49	2.66	2.82
3800	1.34	86	34	1.86	2.14	2.29	2.44	2.59
4000	1.24	80	31	1.71	1.96	2.10	2.24	2.38
4300	1.10	70	27$_5$	1.51	1.74	1.86	1.98	2.11
4600	0.97	62$_5$	24	1.34	1.55	1.65	1.75	1.87
4900	86	55	21	1.19	1.37	1.47	1.57	1.67
5200	77	50	19	1.06	1.22	1.31	1.39	1.48
5500	68	44	17	0.94	1.09	1.16	1.24	1.32
5900	58	38	14	80	0.93	0.99	1.06	1.12$_5$
6300	50	32	12	69	79	85	0.90	0.96
6700	42	27	10	58	67	72	77	82
7100	36	23	8	49	57	61	65	69
7500	30	19	7	41	48	51	54	58
8000	23	15	5	32$_5$	38	40	43	46
8500	18	12	4	24	28	30	32	34
8700	16	10$_5$	3$_5$	22	25	27	29	30
9000	13	8	3	18	20	22	24	25
9500	9	6	2	12	13	14	15	16
10000	5	3	+ .01	6	7	8	9	9
10500	— .01	— .01	.00	+ .01	+ .02	+ .02	+ .02	+ .02
10700	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
11000	+ .02	+ .01	— .01	— .03	— .03	— .03	— .04	— .04
12000	7	4	2	10	12	12	14	14
13000	12	7$_5$	3	16	19	20	21	23
14000	15	10	4	22	25	27	28	31
15000	18	12	5	26	—0.30	—0.32	—0.34	—0.37
16000	21	13	5	30				
17000	23	15	6	33				
18000	25	16	6	36				
19000	27	17$_5$	7	38				
20000°	+0.28	+0.18	—0.07$_5$	—0.41				

Nous avons maintenant toutes les tables nécessaires pour la détermination des températures effectives des étoiles et nous pouvons passer à la réduction ultérieure des données de mesure réunies dans le tableau VI.

§ 5. Réductions ultérieure et définitive des observations de Neptune.

Ces réductions sont données dans les tableaux IX—XIII.

Tableau IX.

Neptune en 1915. Mesures de G. A. Tikhoff.

*	Spectre	Intensités mesurées (voir tableau VI,1) D_2 ou $D_{0,2}$	D_3 ou $D_{0,3}$	D_4 ou $D_{0,4}$	D_5 ou $D_{0,5}$	D_6 ou $D_{0,6}$	Réduction à T_0: $M_0=\frac{1}{4}\sum_2^5 D_{0,s}$		$M_0-D_{0,2}$	$M_0-D_{0,3}$	$M_0-D_{0,4}$	$M_0-D_{0,5}$	$M_0-D_{0,6}$
	λ_s	0.565	0.525	0.460	0.395	ultraviol.							
Neptune	—	5.83	4.70	5.92	3.43	4.45							
1	A2	3.80	3.10	4.64	2.72	3.45	3.56		—0.24	+0.46	—1.08	+0.84	+0.11
2	K	6.22	4.45	5.61	2.70	3.34							
5	A2	3.82	2.88	4.38	2.85	3.76	3.48		— .34	+ .60	— .90	+ .63	— .28
6	A8	4.30	3.29	4.51	2.35	3.44							
7	Ac!	5.85	4.88	6.48	4.64	5.92	5.46		— .39	+ .58	—1.02	+ .82	— .46
9	A2	6.26	5.00	6.56	4.54	5.88	5.59		— .67	+ .59	— .97	+1.05	— .29
10	A8	4.10	3.24	4.18	2.31	3.76							
11	F	4.45	3.62	4.98	3.00	3.81							
12	A1	3.36	2.80	4.12	2.42	3.40	3.18		— .18	+ .38	— .94	+ .76	— .22
14	A3	4.22	3.10	4.49	2.75	3.70	3.64		— .58	+ .54	— .85	+ .89	— .06
15	K	6.02	4.54	5.45	2.56	2.95							
16	G	5.94	4.60	5.80	3.73	4.42							
17	G	6.10	4.76	5.96	3.62	4.51							
18	A0	4.22	3.38	5.21	3.38	4.45	4.05		— .17	+ .67	—1.16	+ .67	— .40
								Moyenne	—0.37	+0.55	—0.99	+0.81	—0.23

*	Intensités réduites à T_0: $\Delta_2=D_2-0.37$	$\Delta_3=D_3+0.55$	$\Delta_4=D_4-0.99$	$\Delta_5=D_5+0.81$	$\Delta_6=D_6-0.23$ *)	$M=\frac{1}{4}\sum_2^5\Delta_s$	$\delta_2=M-\Delta_2$	$\delta_3=M-\Delta_3$	$\delta_4=M-\Delta_4$	$\delta_5=M-\Delta_5$	$\delta_6=M-\Delta_6$
Neptune	5.46	5.25	4.93	4.24	4.22	4.97	—0.49	—0.28	+0.04	+0.73	+0.75
1	3.43	3.65	3.65	3.53	3.22	3.56	+ .13	— 9	— 9	+ 3	+ 34
2	5.85	5.00	4.62	3.51	3.11	4.74	—1.11	— 26	+ 12	+1.23	+1.63
5	3.45	3.43	3.39	3.66	3.53	3.48	+ 3	+ 5	+ 9	— 18	— 5
6	3.93	3.84	3.52	3.16	3.21	3.61	— 32	— 23	+ 9	+ 45	+ 40
7	5.48	5.43	5.49	5.45	5.69	5.46	— 2	+ 3	— 3	+ 1	— 23
9	5.89	5.55	5.57	5.35	5.65	5.59	— 30	+ 4	+ 2	+ 24	— 6
10	3.73	3.79	3.19	3.12	3.53	3.46	— 27	— 33	+ 27	+ 34	— 7
11	4.08	4.17	3.99	3.81	3.58	4.01	— 7	— 16	+ 2	+ 20	+ 43
12	2.99	3.35	3.13	3.23	3.17	3.18	+ 19	— 17	+ 5	— 5	+ 1
14	3.85	3.65	3.50	3.56	3.47	3.64	— 21	— 1	+ 14	+ 8	+ 17
15	5.65	5.09	4.46	3.37	2.72	4.64	—1.01	— .45	+ .18	+1.27	+1.92
16	5.57	5.15	4.81	4.54	4.19	5.02	— 55	— 13	+ 21	+ 48	+ 83
17	5.73	5.31	4.97	4.43	4.28	5.11	— 62	— 20	+ 14	+ 68	+ 83
18	3.85	3.93	4.22	4.19	4.22	4.05	+ 20	+ 12	— 17	— 14	— 17

*) Pour les étoiles des types $A0 - A3$ les désignations correspondantes sont: $\Delta_{0,2}$; $\Delta_{0,3}$...... Nous les omettons dans les titres des colonnes pour ne pas trop les embrouiller.

Tableau IX (suite).

*	T	s	$\delta_s - (\delta_s)_c$					$\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$
			2	3	4	5		
Neptune	6300°		+0.01	+0.02	—0.08	+0.04		0.0085
1	11000		+ 11	— 10	— 9	+ 5		327
2	4800		— 21	+ 27	— 9	0		1251
5	12000		— 5	0	+ 10	— 8		189
6	7300		+ 1	— 3	+ 1	0		11
7	10600		— 2	+ 3	— 3	0		22
9	8500		— 12	+ 15	— 3	— 1		379
10	7700		0	— 16	+ 20	— 4		672
11	8900		+ 6	— 8	— 1	0		101
12	11500		+ 14	— 20	+ 5	+ 1		622
14	9100		— 9	+ 6	+ 11	— 9		319
15	4700		— 7	+ 10	— 4	— 1		166
16	6800		— 15	+ 11	+ 11	— 8		531
17	6200		— 10	+ 11	+ 2	— 3		234
18	14000		+ 4	+ 3	— 14	+ 7		0.0270
							$\Sigma\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	0.5179

$$\varepsilon_{2,3,4,5} = \pm \sqrt{\frac{0.5179}{59}} = \pm 0.09 \text{ degré de l'échelle} = \pm 0.05 \text{ grandeur stellaire.}$$

*	λ_s	Calcul de λ effectif pour le filtre ultraviolet № 39′.								
		$(\delta_s)_c$					$\delta_6 - (\delta_s)_c$			
		0.385	0.380	0.375	0.370		0.385	0.380	0.375	0.370
Neptune		+0.79	+0.85	+0.90	+0.96		—0.04	—0.10	—0.15	—0.21
1		— 2	— 2	— 3	— 3		+ 36	+ 36	+ 37	+ 37
2		+1.42	+1.52	+1.62	+1.73		+ 21	+ 11	+ 1	— 10
5		— 11	— 12	— 13	— 14		+ 6	+ 7	+ 8	+ 9
6		+ 52	+ 56	+ 60	+ 63		— 12	— 16	— 20	— 23
7		+ 1	+ 1	+ 1	+ 1		— 24	— 24	— 24	— 24
9		+ 29	+ 31	+ 33	+ 34		— 35	— 37	— 39	— 40
10		+ 44	+ 47	+ 50	+ 53		— 51	— 54	— 57	— 60
11		+ 23	+ 24	+ 25	+ 26		+ 20	+ 19	+ 18	+ 17
12		— 7	— 7	— 8	— 9		+ 8	+ 8	+ 9	+ 10
14		+ 20	+ 21	+ 22	+ 23		— [illegible]	— 4	— 5	— 6
15		+1.48	+1.59	+1.69	+1.80		+ 44	+ 33	+ 23	+ 12
16		+ 65	+ 70	+ 74	+ 78		+ 18	+ 13	+ 9	+ 5
17		+ 82	+ 87	+ 93	+1.00		+ 1	— 4	— 10	— 17
18		— 24	— 26	— 27	— 30		+ 7	+ 9	+ 10	+ 13
						Somme sans * * 1, 7 et 12	+0.12	—0.33	—0.77	—1.21

Tableau X.

Neptune en 1915. Mesures de B. P. Herassimovitch.

*	Spectre	Intensités mesurées (voir tableau VI,2) ou λ_s: D_2 / $D_{0,2}$ 0.565	D_3 / $D_{0,3}$ 0.525	D_4 / $D_{0,4}$ 0.460	D_5 / $D_{0,5}$ 0.395	D_6 / $D_{0,6}$ ultraviol.	Réduction à T_0. $M_0=\frac{1}{4}\sum_2^5 D_{0,s}$		$M_0-D_{0,2}$	$M_0-D_{0,3}$	$M_0-D_{0,4}$	$M_0-D_{0,5}$	$M_0-D_{0,6}$
Neptune	—	6.08	5.12	5.98	3.98	4.95							
2	K	6.48	4.80	5.68	3.58	4.00							
5	A 2	4.12	3.22	4.70	3.12	4.30	3.79		—0.33	+0.57	—0.91	+0.67	—0.51
6	A 8	4.85	3.00	4.95	3.05	3.85							
7	A0!	6.25	5.30	6.50	4.90	5.90	5.74		— .51	+ .44	— .76	+ .84	— .16
8	K	7.50	5.88	6.15	3.55	4.15							
9	A 2	6.48	5.32	6.72	4.70	5.75	5.80		— .68	+ .48	— .92	+1.10	+ .05
10	A 8	4.26	3.32	4.20	2.72	4.12							
11	F	4.82	4.02	5.02	3.40	4.35							
12	A 1	3.72	2.70	4.50	2.90	4.08	3.46		— .26	+ .76	—1.04	+ .56	— .62
14	A 3	4.28	3.40	5.10	2.85	4.10	3.91		— .37	+ .51	—1.19	+1.06	— .19
15	K	6.40	4.82	5.48	3.22	3.55							
16	G	6.10	4.90	5.90	3.92	4.80							
17	G	6.28	5.10	5.75	4.15	4.78							
18	A 0	4.55	3.68	5.12	3.75	4.85	4.28		— .27	+ .60	— .84	+ .53	— .57
								Moyenne	—0.40	+0.56	—0.94	+0.79	—0.33

*	Intensités réduites à T_0. $\Delta_2=D_2-0.40$	$\Delta_3=D_3+0.56$	$\Delta_4=D_4-0.94$	$\Delta_5=D_5+0.79$	$\Delta_6=D_6-0.33$	$M=\frac{1}{4}\sum_2^5 \Delta_s$	$\delta_2=M-\Delta_2$	$\delta_3=M-\Delta_3$	$\delta_4=M-\Delta_4$	$\delta_5=M-\Delta_5$	$\delta_6=M-\Delta_6$
Neptune	5.68	5.68	5.04	4.77	4.62	5.29	—0.39	—0.39	+0.25	+0.52	+0.67
2	6.08	5.36	4.74	4.37	3.67	5.14	— 94	— 22	+ 40	+ 77	+1.47
5	3.72	3.78	3.76	3.91	3.97	3.79	+ 7	+ 1	+ 3	— 12	— 18
6	4.45	3.56	4.01	3.84	3.52	3.96	— 49	+ 40	— 5	+ 12	+ 44
7	5.85	5.86	5.56	5.69	5.57	5.74	— 11	— 12	+ 18	+ 5	+ 17
8	7.10	6.44	5.21	4.34	3.82	5.77	—1.33	— 67	+ 56	+1.43	+1.95
9	6.08	5.88	5.78	5.49	5.42	5.81	— 27	— 7	+ 3	+ 32	+ 39
10	3.86	3.88	3.26	3.51	3.79	3.63	— 23	— 25	+ 37	+ 12	— 16
11	4.42	4.58	4.08	4.19	4.02	4.32	— 10	— 26	+ 24	+ 13	+ 30
12	3.32	3.26	3.56	3.69	3.75	3.46	+ 14	+ 20	— 10	— 23	— 29
14	3.88	3.96	4.16	3.64	3.77	3.91	+ 3	— 5	— 25	+ 27	+ 14
15	6.00	5.38	4.54	4.01	3.22	4.98	—1.02	— 40	+ 44	+ 97	+1.76
16	5.70	5.46	4.96	4.71	4.47	5.21	— 49	— 25	+ 25	+ 50	+ 74
17	5.88	5.66	4.81	4.94	4.45	5.32	— 56	— 34	+ 51	+ 38	+ 87
18	4.15	4.24	4.18	4.54	4.52	4.28	+ 13	+ 4	+ 10	— 26	— 24

Tableau X (suite).

*	T	s	$\delta_s - (\delta_s)_c$ 2	3	4	5		$\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$
Neptune	6700°		+0.03	−0.14	+0.15	−0.06		0.0466
2	5600		− 28	+ 17	+ 25	− 13		1867
5	12000		− 1	− 4	+ 4	− 2		37
6	9000		− 36	+ 48	− 8	− 6		3700
7	9700		− 4	− 8	+ 16	− 5		361
8	4200		− 18	+ 1	+ 28	− 13		1278
9	8100		− 5	+ 6	− 2	+ 1		66
10	8500		− 5	− 14	+ 32	− 13		1414
11	8700		+ 5	− 16	+ 20	− 9		762
12	14800		− 4	+ 9	− 6	+ 2		137
14	9400		+ 12	+ 1	− 27	+ 13		1043
15	5000		− 19	+ 10	+ 25	− 16		1342
16	6700		− 7	0	+ 15	− 3		338
17	6700		− 14	− 9	+ 41	− 20		2358
18	13800		− 2	− 4	+ 12	− 6		0.0200
						$\Sigma\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$		1.5369

$$\varepsilon_{2,3,4,5} = \pm\sqrt{\frac{1.5369}{59}} = \pm 0.16 \text{ degré} = \pm 0.10 \text{ grandeur.}$$

*	λ_s	Calcul de λ eff. pour le filtre 39′ — $\delta_6 - (\delta_s)_c$ 0.385	0.380	0.375	0.370
Neptune		0.00	−0.05	−0.10	−0.15
2		+ 43	+ 35	+ 28	+ 21
5		− 7	− 6	− 5	− 4
6		+ 24	+ 22	+ 20	+ 19
7		+ 5	+ 5	+ 4	+ 3
8		+ 16	+ 2	− 11	− 23
9		+ 3	+ 1	− 1	− 4
10		− 45	− 47	− 49	− 50
11		+ 5	+ 3	+ 1	0
12		− 1	+ 1	+ 3	+ 6
14		− 1	− 2	− 3	− 4
15		+ 45	+ 36	+ 26	+ 16
16		+ 7	+ 2	− 3	− 8
17		+ 20	+ 15	+ 10	+ 5
18		− 1	0	+ 2	+ 4
Somme sans * 7		+1.08	+0.57	+0.08	−0.37

Tableau XI.

Neptune en 1916. Plaques: Wratten-panchromatic (cliché № 1350) et Ilford-Rapid-Chromatic.

*	Spectre	Intensités mesurées (voir tableau VI,3)						Réduction T_0							
		D_1 ou $D_{0,1}$	D_2 ou $D_{0,2}$	D_3 ou $D_{0,3}$	D_4 ou $D_{0,4}$	D_5 ou $D_{0,5}$	D_6 ou $D_{0,6}$	$M_0 = \frac{1}{4}\sum_2^5 D_{0,s}$		$M_0 - D_{0,1}$	$M_0 - D_{0,2}$	$M_0 - D_{0,3}$	$M_0 - D_{0,4}$	$M_0 - D_{0,5}$	$M_0 - D_{0,6}$
		λ_s 0.640	0.565	0.525	0.460	0.395	0.370								
Neptune	—	3.32	6.06	4.98	6.66	4.98	7.99								
1	G0	4.84	6.23	4.90	6.32	5.14	8.05								
2	G0	5.05	6.24	5.08	6.42	5.00	8.02								
3	A0	2.25	4.74	3.79	5.72	4.99	8.05	4.81		+2.56	+0.07	+1.02	—0.91	—0.18	—3.24
4	A5	1.98	3.88	2.71	3.90	3.62	6.31								
5	A5	2.18	4.28	3.38	5.04	3.95	6.66								
6	A5	1.04	3.12	2.06	3.36	2.72	4.99								
7	G1	5.25	6.09	4.57	5.58	3.62	5.81								
8	K2	4.21	5.09	3.58	4.76	2.04	3.85								
9	F0	6.48	7.66	6.41	7.56	6.95	9.10								
10	K5	5.40	6.10	4.54	5.22	2.10	3.62								
11	G5	4.42	5.42	4.08	5.14	2.90	4.89								
12	K0	5.78	6.69	5.16	6.45	3.80	6.36								
13	A3	2.29	4.93	3.72	6.02	4.81	7.52	4.87		+2.58	— .06	+1.15	—1.15	+ .06	—2.65
14	F0	3.18	5.06	3.66	5.52	4.05	6.87								
15	A2	2.21	4.59	3.30	5.25	4.17	6.93	4.33		+2.12	— .26	+1.03	—0.92	+ .16	—2.60
16	G9	5.32	6.46	5.09	6.04	3.76	6.25								
									Moyenne	+2.42	—0.08	+1.07	—0.99	+0.01	—2.83

*		Intensités réduites à T_0.													
		$\Delta_1 = D_1 + 2.42$	$\Delta_2 = D_2 - 0.08$	$\Delta_3 = D_3 + 1.07$	$\Delta_4 = D_4 - 0.99$	$\Delta_5 = D_5 + 0.01$	$\Delta_6 = D_6 - 2.83$	$M = \frac{1}{4}\sum_2^5 \Delta_s$		$\delta_1 = M - \Delta_1$	$\delta_2 = M - \Delta_2$	$\delta_3 = M - \Delta_3$	$\delta_4 = M - \Delta_4$	$\delta_5 = M - \Delta_5$	$\delta_6 = M - \Delta_6$
Neptune		5.74	5.98	6.05	5.67	4.99	5.16	5.67		—0.07	—0.31	—0.38	0.00	+0.68	+0.51
1		7.26	6.15	5.97	5.33	5.15	5.22	5.65		—1.61	— .50	— .32	+ .32	+ .50	+ .13
2		7.47	6.16	6.15	5.43	5.01	5.19	5.69		—1.78	— .47	— .46	+ .26	+ .68	+ .50
3		4.67	4.66	4.86	4.73	5.00	5.22	4.81		+ .14	+ .15	— 5	+ 8	— .19	— .41
4		4.40	3.80	3.78	2.91	3.63	3.48	3.53		— .87	— .27	— .25	+ .62	— .10	+ 5
5		4.60	4.20	4.45	4.05	3.96	3.83	4.16		— .44	— 4	— .29	+ .11	+ .20	+ .33
6		3.46	3.04	3.13	2.37	2.73	2.16	2.82		— .64	— .22	— .31	+ .45	+ 9	+ .66
7		7.67	6.01	5.64	4.59	3.63	2.98	4.97		—2.70	—1.04	— .67	+ .38	+1.34	+1.99
8		6.63	5.01	4.65	3.77	2.05	1.02	3.87		—2.76	—1.14	— .78	+ .1	+1.82	+2.85
9		8.90	7.58	7.48	6.57	6.96	6.27	7.15		—1.75	— .43	— .33	+ .58	+ .19	+ .88
10		7.82	6.02	5.61	4.23	2.11	0.79	4.49		—3.33	—1.53	—1.12	+ .26	+2.38	+3.70
11		6.84	5.34	5.15	4.15	2.91	2.06	4.39		—2.45	— .95	— .76	+ .24	+1.48	+2.33
12		8.20	6.61	6.23	5.46	3.81	3.53	5.53		—2.67	—1.08	— .70	+ 7	+1.72	+2.00
13		4.71	4.85	4.79	5.03	4.82	4.69	4.87		+ .16	+ 2	+ 8	— .16	+ 5	+ .18
14		5.60	4.98	4.73	4.53	4.06	4.04	4.58		—1.02	— .40	— .15	+ 5	+ .52	+ .54
15		4.63	4.51	4.37	4.26	4.18	4.10	4.33		— .30	— .18	— 4	+ 7	+ .15	+ .23
16		7.74	6.38	6.16	5.05	3.77	3.42	5.34		—2.40	—1.04	— .82	+ .29	+1.57	+1.92

Tableau XI (suite).

*	T	$\delta_s - (\delta_s)_c$, s = 2	3	4	5	$\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	Calcul de λ eff. pour le filtre 39′ — $\delta_6 - (\delta_s)_c$, λ_s = 0.385	0.380	0.375	0 370
Neptune	6600°	+0.13	−0.12	−0.10	+0.08	0.0477	−0.20	−0.25	−0.29	−0.34
1	6500	− 4	− 5	+ 21	− 13	651	− 30	− 35	− 40	− 45
2	6200	+ 5	− 15	+ 14	− 3	455	− 32	− 38	− 43	− 50
3	13500	+ 1	− 13	+ 10	0	270	− 20	− 18	− 17	− 15
4	9000:	− 14	− 17	+ 59	− 28	4750	− 15	− 17	− 19	− 20
5	8700	+ 11	− 19	+ 7	− 2	535	+ 8	+ 6	+ 4	+ 3
6	8400:	− 4	− 19	+ 40	− 17	2266	+ 36	+ 33	+ 31	+ 30
7	4500	− 2	− 7	+ 14	− 4	265	+ 39	+ 27	+ 16	+ 5
8	4000	+ 11	− 4	− 20	+ 12	681	+ 90	+ 76	+ 62	+ 48
9	7500:	− 13	− 15	+ 51	− 22	3479	+ 40	+ 37	+ 33	+ 30
10	3300	+ 16	− 12	− 15	+ 8	689	+1.07	+ 89	+ 69	+ 48
11	4100	+ 11	− 13	− 1	+ 4	307	+ 67	+ 55	+ 43	+ 31
12	4100	+ 12	+ 1	− 22	+ 10	729	+ 14	0	− 14	− 26
13	10600	+ 2	+ 8	− 16	+ 4	340	+ 17	+ 17	+ 17	+ 17
14	7100	− 4	+ 6	− 3	+ 3	70	− 3	− 7	− 10	− 15
15	9100	− 6	+ 3	+ 4	− 2	65	+ 3	+ 2	+ 1	0
16	4200	+ 11	− 14	+ 1	+ 1	0.0319	+ 13	− 1	− 14	− 26
					$\Sigma\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	1.6348	Somme sans * 13: +2.97	+1.84	+0.73	−0.36

$$\varepsilon_{2,3,4,5} = \pm\sqrt{\frac{1.6348}{67}} = \pm 0.16 \text{ degré} = \pm 0.10 \text{ grandeur.}$$

Réduction des rayons rouges ($\lambda = 0.640\ \mu$)

*	δ_1	α_1	$0.4\ \delta_1$	$x = \frac{\alpha_1}{0.4\ \delta_1}$	x_1 trouvé graphiquement	$0.4\ x_1$	$(\delta_1)_c = \frac{\alpha_1}{0.4\ x_1}$	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en degrés de l'échelle	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en grand. stellaires	$[\delta_1 - (\delta_1)_c]^2$
Neptune	−0.07	−0.170			0.30	0.120	−.142	+1.35	+0.40	
1	−1.61	− .179	−0.644	0.278	.30	.120	−1.49	− .12	− .04	0.0016
2	−1.78	− .201	− .712	.282	.32	.128	−1.57	− .21	− 7	49
3	+ .14	+ .053			.20	.080	+ .66	− .52	− .10	100
4	− .87	− .050			.25	.100	− .50	− .37	− 9	81
5	− .44	− .060			.25	.100	− .60	+ .16	+ 4	16
6	− .64	− .073			.26	.104	− .70	+ .06	+ 2	4
7	−2.70	− .398	−1.080	.369	.40	.160	−2.49	− .21	− 8	64
8	−2.76	− .487	−1.104	.441	.44	.176	−2.77	+ .01	0	0
9	−1.75	− .115			.28	.112	−1.03	− .72	− .20	400
10	−3.33	− .655	−1.332	.492	.51	.204	−3.21	− .12	− 6	36
11	−2.45	− .412	− .980	.420	.41	.164	−2.51	+ .06	+ 2	4
12	−2.67	− .464	−1.068	.434	.43	.172	−2.70	+ .03	+ 1	1
13	+ .16	− .002			.23	.092	− .02	+ .18	+ 4	16
14	−1.02	− .138	− .408	.338	.29	.116	−1.19	+ .17	+ 5	25
15	− .30	− .015			.25	.100	− .45	+ .15	+ 4	16
16	−2.40	− .448	− .960	.467	.42	.168	−2.67	+ .27	+ .11	0.0121
									Somme	0.0949
									Somme sans * * 4, 6 et 9	0.0464

$$\varepsilon_1 = \pm\sqrt{\frac{0.0949}{15}} = \pm 0.08 \text{ grandeur} \qquad \varepsilon_1' = \pm\sqrt{\frac{0.0464}{12}} = \pm 0.06 \text{ grandeur}$$

Tableau XII.

Réduction du cliché № 1367 ($\lambda = 0.640\mu$) combiné avec les clichés obtenus sur les plaques Ilford-Rapid-Chromatic et réduits dans le tableau XI.

*	Spectre	Intensités mesurées (D_1 du tableau VI,4) D_1 ou $D_{0,1}$	Réduction à T_0 M_0*) $- D_{0,1}$	Intensités réduites à T_0; $\Delta_1 =$ $= D_1 + 2.55$	$\delta_1 =$ $= M$*) $- \Delta_1$		α_1	$0.4\ \delta_1$	$x = \frac{\alpha_1}{0.4\ \delta_1}$
Neptune	—	2.83		5.38	+0.29		−0.170		
1	F8	4.00		6.55	− .90		− .179	−0.360	0.497
2	F8	4.32		6.87	−1.18		− .201	− .472	.426
3	A0	2.15	+2.66	4.70	+ .11		+ .053		
4	A5	1.28		3.83	− .30		− .050		
5	A5	2.12		4.67	− .51		− .060	− .204	.294
6	A5	1.10		3.65	− .83		− .073	− .332	.220
7	G0	4.42		6.97	−2.00		− .398	− .800	.498
8	K0	3.32		5.87	−2.00		− .487	− .800	.609
9	F0	5.32		7.87	− .72		− .115	− .288	.399
10	K0	4.60		7.15	−2.66		− .655	−1.064	.616
11	G5	4.02		6.57	−2.18		− .412	− .872	.472
12	K0	5.18		7.73	−2.20		− .464	− .880	.527
13	A3	2.12	+2.75	4.67	+ .20		− .002		
14	F0	2.45		5.00	− .42		− .138		
15	A2	2.08	+2.25	4.63	− .30		− .045		
16	K0	4.70		7.25	− 1.91		− .448	− .764	.586
		Moyenne	+2.55						

*) Le même comme dans le tableau XI.

*		x_1 trouvé graphiquement	$0.4\ x_1$	$(\delta_1)_c =$ $= \frac{\alpha_1}{0.4\ x_1}$	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en degrés de l'échelle	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en grand. stellaires	$[\delta_1 - (\delta_1)_c]^2$	
Neptune		0.44	0.176	−0.97	+1.26	+0.55		
1		.44	.176	−1.02	+ .12	+ 5	0.0025	
2		.45	.180	−1.12	− 6	− 3	9	
3		.36	.144	+ .37	− 26	− 9	81	
4		.40	.160	− .31	+ 1	0	0	
5		.40	.160	− .38	− 13	− 5	25	
6		.41	.164	− .45	− 38	− 16	256	
7		.52	.208	−1.91	− 9	− 5	25	
8		.56	.224	−2.17	+ 17	+ 10	100	
9		.42	.168	− .68	− 4	− 2	4	
10		.62	.248	−2.64	− 2	− 1	1	
11		.53	.212	−1.94	− 24	− 13	169	
12		.55	.220	−2.11	− 9	− 5	25	
13		.38	.152	− .01	+ 21	+ 8	64	
14		.43	.172	− .80	+ 38	+ 16	256	
15		.40	.160	− .28	− 2	− 1	1	
16		.54	.216	−2.07	+ 16	+ 9	0.0081	$\varepsilon_1 = \pm\sqrt{\frac{0.1122}{15}} =$
						Somme	0.1122	$= \pm 0.09$ grand.

Tableau XIII.

Neptune en 1916. Plaques: Wratten-panchromatic (cliché № 1367) et Agfa-Chromo.

*	Spectre	λ_s	Intensités mesurées (voir tableau VI,4)						$M_0=\frac{1}{4}\sum_2^5 D_{0\,s}$	Réduction à T_0.						
			D_1 0.640	D_2 0.565	D_3 0.530	D_4 0.460	D_5 0.395	D_6 0.380			$M_0-D_{0,1}$	$M_0-D_{0,2}$	$M_0-D_{0,3}$	$M_0-D_{0,4}$	$M_0-D_{0,5}$	$M_0-D_{0,6}$
Neptune	—		2.83	6.58	5.03	5.57	6.11	7.61								
1	G0		4.00	7.00	4.88	5.02	6.30	7.58								
2	G0		4.32	7.30	5.10	5.30	6.08	7.50								
3	A0		2.15	5.35	3 58	4.25	5.68	7.40	4.72		+2.57	—0.63	+1.14	+0.47	—0.96	—2.68
4	A5		1.28	4.08	2.38	3.25	4.32	5.88								
5	A5		2.12	4.55	3.02	3.48	4.85	5.90								
7	G1		4.42	6.82	4.70	4.40	4.35	5.80								
8	K2		3.32	5.92	3.90	3.70	2.42	3.25								
10	K5		4.60	6.50	4.28	4.05	2.50	3.55								
11	G5		4.02	6 20	4.12	3.82	3.30	4.28								
12	K0		5.18	7.30	5.15	4.95	4.85	5.95								
13	A3		2.12	5.05	3.55	4.82	5.72	7.15	4.78		+2.66	— .27	+1.23	— .04	— .94	—2.37
14	F0		2.45	5.25	3.60	4.10	5.25	6.48								
15	A2		2.08	4.35	3.08	3.68:	5.05	6.40	4.04		+1.96	— .31	— .96	+ .36:	—1.01	—2.36
16	G9		4.70	7.25	4.88	4.95	4.65	5.42								
										Moyenne	+2.40	—0.40	+1.11	+0.26	—0.97	—2.47

*		Intensités réduites à T_0.						$M=\frac{1}{4}\sum_2^5 \Delta_s$							
		$\Delta_1=D_1+2.40$	$\Delta_2=D_2-0.40$	$\Delta_3=D_3+1.11$	$\Delta_4=D_4+0.26$	$\Delta_5=D_5-0.97$	$\Delta_6=D_6-2.47$			$\delta_1=M-\Delta_1$	$\delta_2=M-\Delta_2$	$\delta_3=M-\Delta_3$	$\delta_4=M-\Delta_4$	$\delta_5=M-\Delta_5$	$\delta_6=M-\Delta_6$
Neptune		5.23	6.18	6.14	5.83	5.14	5.14	5.82		+0.59	—0.36	—0.32	—0.01	+0.68	+0.68
1		6.40	6.60	5.99	5.28	5.33	5.11	5.80		— .60	— .80	— .19	+ .52	+ .47	+ .69
2		6.72	6.90	6.21	5.56	5.11	5.03	5.94		— .78	— .96	— .27	+ .38	+ .83	+ .91
3		4.55	4.95	4.69	4.51	4.71	4.93	4.72		+ .17	— .23	+ 3	+ .21	+ 1	— .21
4		3.68	3.68	3.49	3.51	3.35	3.41	3.51		— .17	— .17	+ 2	0	+ .16	+ .10
5		4.52	4.15	4.13	3.74	3.88	3.43	3.98		— .54	— .17	— .15	+ .24	+ .10	+ .55
7		6.82	6.42	5.81	4.66	3.38	3.33	5.07		—1.75	—1.35	— .74	+ .41	+1.69	+1.74
8		5.72	5.52	5 01	3.96	1.45	0.78	3.98		—1.74	—1.54	—1.03	+ 2	+2.53	+3.20
10		7.00	6.10	5.39	4.31	1.53	1.08	4.33		—2.67	—1.77	—1.06	+ 2	+2.80	+3.25
11		6.42	5.80	5.23	4.08	2.33	1.81	4.36		—2.06	—1.44	— .87	+ .28	+2.03	+2.55
12		7.58	6.90	6.26	5.21	3.88	3.48	5.56		—2.02	—1.34	— .70	+ .35	+1.68	+2.08
13		4.52	4.65	4.66	5.08	4.75	4.68	4.78		+ .26	+ .13	+ .12	— .30	+ 3	+ .10
14		4.85	4.85	4.71	4.36	4.28	4.01	4.55		— .30	— .30	— .16	+ .19	+ .27	+ .54
15		4.48	3.95	4.19	3.94:	4.08	3.93	4.04		— .44	+ 9	— .15	+ .10:	— 4	+ .11
16		7.10	6.85	5.99	5.21	3.68	2.95	5.43		—1.67	—1.42	— .56	+ .22	+1.75	+2.48

Tableau XIII (suite).

*	T	$\delta_s - (\delta_s)_c$, s = 2	3	4	5	$\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	Calcul de λ eff. pour le filtre 39′: $\delta_6 - (\delta_s)_c$, λ_s = 0.385	*0.380*	0.375	0.370
Neptune	6600°	+0.08	—0.04	—0.11	+0.08	0.0265	—0.02	—0.07	—0.12	—0.17
1	6400	— 32	+ 12	+ 40	— 19	.3129	— 7	— 13	— 18	— 24
2	5500	— 28	+ 17	+ 21	— 11	.1635	— 18	— 25	— 33	— 41
3	9600	— 15	+ 8	+ 19	— 9	731	— 33	— 34	— 35	— 36
4	9100	— 5	+ 10	— 2	0	129	— 8	— 10	— 12	— 13
5	9000	— 4	— 7	+ 21	— 8	570	+ 35	+ 33	+ 31	+ 30
7	3950	— 9	+ 7	+ 9	— 6	247	— 26	— 41	— 54	— 68
8	3300	+ 13	+ 4	— 40	+ 23	2314	+ 55	+ 34	+ 15	— 3
10	3100	+ 6	+ 11	— 44	+ 28	2877	+ 33	+ 13	— 7	— 27
11	3650	— 1	+ 5	— 8	+ 5	115	+ 28	+ 11	— 5	— 21
12	4000	— 10	+ 10	+ 4	— 3	225	+ 12	— 2	— 16	— 30
13	12000	+ 6	+ 8	— 28	+ 13	1053	+ 22	+ 22	+ 24	+ 24
14	7900	— 6	0	+ 13	— 7	254	+ 14	+ 12	+ 9	+ 6
15	10500	+ 10	— 14	+ 10	— 5	421	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9
16	3950	— 16	+ 25	— 6	0	0.0917	+ 48	+ 33	+ 20	+ 6
					$\Sigma\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	1.4882	Somme sans ** 13 et 15.. +1.31	*+0.04*	—1.17	—2.38

$$\varepsilon_{2,3,4,5} = \pm\sqrt{\frac{1.4882}{52}} = \pm 0.16 \text{ degré} = \pm 0.10 \text{ grandeur}$$

Réduction des rayons rouges ($\lambda = 0.640\,\mu$). Epreuve № 1367.

*	δ_1	α_1	$0.4\delta_1$	$x = \frac{\alpha_1}{0.4\delta_1}$	g (poids)	$(\delta_1)_c = \frac{\alpha_1}{0.4x_1}$	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en degrés de l'échelle	$\delta_1 - (\delta_1)_c$ en grand. stell.	$[\delta_1 - (\delta_1)_c]^2$
Neptune	+0.59	—0.171				—0.59	+1.18	+0.85	
1	— .60	— .187	—0.240	0.779	1/2	— .65	+ .05	+ .14	0.0016
2	— .78	— .266	— .312	.853	1/2	— .92	+ .14	+ .10	100
3	+ .17	— .030				— .10	+ .27	+ .19	361
4	— .17	— .047				— .16	— .01	— 1	1
5	— .54	— .050				— .17	— .37	— .27	729
7	—1.75	— .493	— .700	.704	1	—1.71	— .04	— 3	9
8	—1.74	— .654	— .696	.940	1/2	—2.27	+ .53	+ .38	1441
10	—2.67	— .716	—1.068	.670	1/2	—2.48	— .19	— .14	196
11	—2.06	— .558	— .824	.677	1	—1.94	— .12	— 9	81
12	—2.02	— .484	— .808	.599	1	—1.68	— .34	— .24	576
13	+ .26	+ .027				+ .09	+ .17	+ .12	144
14	— .30	— 097				— .34	+ .04	+ 3	9
15	— .44	— .005				— .02	— .42	— .30	900
16	—1.67	— .493	— .668	.738	1/2	—1.71	+ .04	+ 3	9
		Moyenne: $x_1 = \frac{\Sigma gx}{\Sigma g} = 0.722$						Somme	0.4575

$$\varepsilon_1 = \pm\sqrt{\frac{0.4575}{13}} = \pm 0.19 \text{ grandeur}$$

§ 6. Explication des tableaux IX — XIII.

a) Réduction à T_0.

Parmi les étoiles de comparaison qui conviennent pour Neptune et sont du type spectral $A0$, il n'y en a que 2 pour les clichés de 1915 et une seule pour 1916. Pour cette raison la réduction à T_0 ne serait pas assez certaine, si l'on se contentait seulement des étoiles du type $A0$. Par conséquent, nous avons un peu élargi les limites des étoiles pour lesquelles nous admettons conventionnellement l'égalité de l'intensité dans toutes les parties du spectre, à savoir, nous avons ajouté aux étoiles du type $A0$ encore celles des types $A1$, $A2$ et $A3$. Ceci est tout-à-fait admissible d'une part parce que la différence des couleurs entre ces types et le type $A0$ est en moyenne moindre que les différences individuelles entre de différentes étoiles du type A0, et d'autre part parce que dans la détermination des types spectraux la dispersion employée ne peut guère assurer une précision dépassant 3 dixièmes de l'intervalle entre deux types alphabétiques consécutifs du Harvard College (voir, par exemple, l'étoile № 5 de 1915 dans le tableau V).

Ces remarques faites, on comprendra sans difficulté les détails de l'opération dite „réduction à T_0“ dans les tableaux IX, X, XI et XIII. En nous basant sur l'équation (14), nous y calculons les différences $M_0 — D_{0,s}$ et nous les ajoutons à D_s; on obtient ainsi les intensités Δ_s réduites à T_0.

Par cette transformation les étoiles de température T_0 obtiennent en moyenne dans toutes les parties du spectre une même intensité égale à la moyenne des intensités dans m parties choisies. Cependant, pour de différentes étoiles de ce groupe l'intensité dans les différentes parties du spectre n'est pas rigoureusement la même, ce qui tient en partie aux erreurs de mesure, et en partie à la différence entre la couleur moyenne des étoiles des types $A0$ — $A3$ et la couleur individuelle de chaque étoile de ce groupe.

Les intensités des autres étoiles se transforment aussi, mais elles diffèrent plus ou moins considérablement dans les différentes parties du spectre.

En prenant la moyenne de m équations (14), on obtient

$$\frac{1}{m}\sum \Delta_s = \frac{1}{m}\sum D_s: \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

cela veut dire que la réduction à T_0 ne change pas la valeur numérique de l'intensité moyenne de l'étoile.

b) Détermination de la température effective des étoiles.

Dans ce but on calcule les différences $M - \Delta_s = \delta_s$ (voir l'équ. (15)) et l'on compare les quantités δ_s avec les valeurs $(\delta_s)_c$ données dans le tableau VIII. Pour faciliter cette comparaison nous procédons de la manière suivante. Nous construisons sur du papier millimétrique 4 courbes, en rapportant T sur l'axe des abscisses et les valeurs $(\delta_s)_c$ sur l'axe des ordonnées. Ensuite, sur le bord d'une bande de papier millimétrique nous marquons 4 points ayant les ordonnées égales à δ_s. Nous déplaçons cette bande parallèlement à elle même et de telle façon que son point de zéro reste constamment sur l'axe des abscisses des courbes tracées jusqu'à ce que les 4 points de la bande soient aussi près que possible des courbes correspondantes et symétriques par rapport à celles-ci. Après avoir trouvé ainsi la valeur approchée de T, nous calculons sa valeur plus exacte, en changeant T de 50° à 200°. On adopté pour T la valeur qui rend la somme $\Sigma\,[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$ minimum.

c) Calcul de λ effectif pour le filtre ultraviolet № 39'.

Comme nous avons dit plus haut, le filtre № 39' laisse passer une partie du spectre très étendue qui est, d'ailleurs, influencée plus que les autres par l'absorption atmosphérique. Pour cette raison nous déterminons λ effectif de ce filtre d'après les observations des étoiles mêmes.

Dans ce but on a calculé les valeurs de $(\delta_s)_c$ pour les rayons 0.385; 0.380; 0.375 et 0.370 μ (voir tableau VIII, sections 1 et 2) et l'on a construit, d'après ces valeurs, les courbes de la même façon comme pour les filtres principaux. Ceci fait, on lit sur ces courbes, pour les températures déjà connues, les valeurs $(\delta_s)_c$ et l'on calcule les différences $\delta_6 - (\delta_s)_c$, où δ_6 est la valeur observée pour le filtre № 39'. On calcule ensuite la somme de ces différences, en rejetant les étoiles pour lesquelles $\delta_6 - (\delta_s)_c$ change très peu depuis 0.385 jusqu'à 0.370 μ. La valeur minimum de $\Sigma\left[\delta_6 - (\delta_s)_c\right]$ est considérée comme critérium que λ_s correspondant représente λ effectif. Ces valeurs de la somme et de λ_s sont imprimées en italique.

L'examen des tableaux IX, X, XI et XIII fait voir que λ effectif du filtre № 39' prend toutes les valeurs entre les limites 0.385 — 0.370 μ, ce qui tient en grande partie aux erreurs de mesure, comme on le voit par la comparaison de λ effectif dans les tableaux IX et X.

Cette étude fait voir que le filtre № 39' présente des inconvénients sérieux et nous conduit à le mettre peu à peu hors d'usage.

d) Réduction des rayons rouges (0.640 μ).

La première chose à faire dans cette réduction est le calcul du coefficient x d'après l'équation (20). La quantité δ_s est désignée pour les rayons 0.640 μ par δ_1. On la trouve dans les tableaux XI, XII et XIII. Comme les températures des étoiles

sont déjà déterminées, on trouve pour chaque étoile la valeur da α_1 sur les courbes construites d'après les données du tableau VII.

Pour s'affranchir de l'influence considérable des erreurs d'observation, on omet dans le calcul du coefficient x les étoiles avec T douteux (marqué par:) ou avec δ_1 insuffisamment grand. Si les valeurs du coefficient x montrent une certaine marche systématique (voir les tableaux XI et XII), on construit les points avec les coordonnées α_1 et x et l'on trace par ces points une courbe (dans notre cas, c'est une droite). On trouve ainsi une relation entre α_1 et x plus ou moins affranchie des erreurs accidentelles. En entrant ensuite dans cette courbe (droite) avec la valeur α_1, on trouve pour chaque étoile une valeur graphique du coefficient x que nous désignons par x_1. Après cela on calcule par l'équation (18) la valeur de $(\delta_1)_c$ et l'on forme la différence $\delta_1 - (\delta_1)_c$.

§ 7. Réductions ultérieure et définitive des observations d'Uranus.

Ces réductions sont données dans le tableau XIV.

Tableau XIV.

Uranus en 1917.

*	Spectre		Intensités mesurées (voir tableau VI,5).					Réduction à T_1 (= 8700°).						
		ou	D_1 $D_{1,1}$	D_2 $D_{1,2}$	D_3 $D_{1,3}$	D_4 $D_{1,4}$	D_5 $D_{1,5}$	$M_1 = \frac{1}{4}\sum_2^5 D_{1,s}$		$M_1 - D_{1,1}$	$M_1 - D_{1,2}$	$M_1 - D_{1,3}$	$M_1 - D_{1,4}$	$M_1 - D_{1,5}$
		λ_s	0.640	0.565	0.525	0.460	0.395							
Uranus	—		3.24	4.74	5.72	6.83	4.62							
4	G5		5.48	5.82	6.45	7.67	5.69							
5	A5		3.61	4.28	5.19	7.18	5.58	5.56		+1.95	+1.28	+0.37	—1.62	—0.02
6	A5		3.42	4.10	5.10	7.11	5.46	5.44		+2.02	+1.34	+ .34	—1.67	— .02
Moyenne										+1.98	+1.31	+0.36	—1.64	—0.02
Corrections à ajouter aux précédentes pour passer de la réduction à T_1 (= 8700°) à la réduction à T_0 (= 10700°)											+ .15	+ .10	— .04	— .22
Corrections pour la réduction à T_0 (= 10700°). (Somme de deux précédentes)											+1.46	+0.46	—1.68	—0.24

Tableau XIV (suite).

*	Intensités réduites à T_0. $\Delta_2 = D_2 + 1.46$	$\Delta_3 = D_3 + 0.46$	$\Delta_4 = D_4 - 1.68$	$\Delta_5 = D_5 - 0.24$	$M = \frac{1}{4}\sum_2^5 \Delta_s$	$\delta_2 = M - \Delta_2$	$\delta_3 = M - \Delta_3$	$\delta_4 = M - \Delta_4$	$\delta_5 = M - \Delta_5$
Uranus	6.20	6.18	5.15	4.38	5.48	−0.72	−0.70	+0.33	+1.10
4	7.28	6.91	5.99	5.45	6.41	− .87	− .50	+ .42	+ .96
5	5.74	5.65	5.50	5.34	5.56	− .18	− .09	+ .06	+ .22
6	5.56	5.56	5.43	5.22	5.44	− .12	− .12	+ .01	+ .22

*	T	$\delta_s - (\delta_s)_c$, s = 2	3	4	5	$\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$
Uranus	5000°	+0.11	−0.20	+0.14	−0.03	0.0726
4	5200	− .10	− .04	+ .24	− .09	773
5	8600	− 2	+ 1	+ 2	− 1	10
6	8800	+ 2	− 3	− 3	+ 1	23
					$\Sigma\Sigma[\delta_s - (\delta_s)_c]^2$	0.1532

$$\varepsilon_{2,3,4,5} = \pm\sqrt{\frac{0.1532}{15}} =$$
$= \pm$ 0.10 degré $= \pm$ 0.06 grandeur

Réduction des rayons rouges ($\lambda_1 = 0.640\ \mu$).

*	Intensités réduites à T_1 (= 8700°). $\Delta_1' = D_1 + 1.98$	$\Delta_2' = D_2 + .31$	$\Delta_3' = D_3 + 0.36$	$\Delta_4' = D_4 - 1.64$	$\Delta_5' = D_5 - 0.02$	$M = \frac{1}{4}\sum_2^5 \Delta_s'$	$\delta_1' = M - \Delta_1'$	$\alpha_1' = \alpha_1 + 0.061$	$0.4\,\delta_1'$	$x = \frac{\alpha_1'}{0.4\,\delta_1'}$	$0.4\,x$	$(\delta_1')_c = \frac{\alpha_1'}{0.4\,x}$	$\delta_1' - (\delta_1')_c$ en degrés de l'éch.	$\delta_1' - (\delta_1')_c$ en grand. stell.
Uranus	5.22	6.05	6.08	5.19	4.60	5.48	+0.26	−0.262	—	—	—	−1.15	+1.41	+0.80
4	7.46	7.13	6.81	6.03	5.67	6.41	−1.05	− .239	−0.420	0.57	0.228	−1.05	.00	.00
5	5.59	5.59	5.55	5.54	5.56	5.56	− .03	− .004	− .012	—	—	− .02	− .01	− .01
6	5.40	5.41	5.46	5.47	5.44	5.44	+ .04	+ .004	+ .016	—	—	+ .02	+ .02	+ .01

§ 8. Explication du tableau XIV.

a) Réduction à T_0.

Parmi les étoiles de comparaison, qui ont pu être employées pour Uranus, il n'y en a point du type spectral $A0$. Pour cette raison, dans la réduction à T_0, il a fallu recourir aux étoiles du type $A5$ dont il y a deux, et modifier conformément le mode de réduction.

Tout d'abord, on a fait le calcul en admettant l'égalité de l'intensité dans tous les rayons pour les étoiles du type $A5$ ou pour $T_1 = 8700°$; cette valeur représente justement la température moyenne des étoiles du type $A5$ pour les clichés de Neptune obtenus sur les plaques de la même espèce comme dans le cas d'Uranus. Le calcul en question est donné dans le tableau XIV sous le titre: „Réduction à T_1 (= 8700°)“. Pour faire cette réduction il faut ajouter aux intensités D_s les différences $M_1 - D_{1,s}$, où M_1 et $D_{1,s}$ se rapportent aux étoiles de température T_1. En effet, ces étoiles reçoivent alors l'intensité $D_{1,s} + (M_1 - D_{1,s}) = M_1$, la même dans toutes les parties du spectre. Ensuite, il faut trouver la correction à ajouter à $M_1 - D_{1,s}$ pour passer à la „réduction à T_0“. Désignons cette correction par Z_s. Elle doit être telle que l'intensité $D_{0,s}$ des étoiles de température T_0 se transforme en M_0. Nous avons donc:

$$D_{0,s} + (M_1 - D_{1,s}) + Z_s = M_0,$$

d'où l'on trouve:

$$Z_s = -\{M_1 - [D_{1,s} + (M_0 - D_{0,s})]\} \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (23)$$

Or, d'après (14)

$$D_{1,s} + (M_0 - D_{0,s}) = \Delta_{1,s}$$

et d'après (15), en désignant δ_s pour les étoiles de température T_1 par $\delta_{1,s}$,

$$M_1 - \Delta_{1,s} = \delta_{1,s}.$$

Par conséquent

$$Z_s = -\delta_{1,s} \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (24)$$

Ainsi, les corrections Z_s sont données par les valeurs du tableau VIII correspondantes à la température T_1 et changées de signe.

Dans le tableau XIV les corrections pour la réduction à T_1 (= 8700°) sont:

$$M_1 - D_{1,2} = +1.31;\ M_1 - D_{1,3} = +0.36;\ M_1 - D_{1,4} = -1.64;\ M_1 - D_{1,5} = -0.02;$$

les corrections Z_s qu'on doit ajouter à celles-ci pour passer à la réduction à T_0 ($= 10700°$), se trouvent dans le tableau VIII, section 1, dans la ligne correspondante à 8700°, où l'on doit seulement changer les signes.

Ainsi

$$Z_2 = +0.15; \quad Z_3 = +0.10; \quad Z_4 = -0.04; \quad Z_5 = -0.22.$$

Les autres calculs pour Uranus, à part les rayons 0.640 μ, se font de la même manière comme pour Neptune.

b) Réduction des rayons 0.640 μ.

Tout d'abord nous avons fait la réduction à T_1; les intensités ainsi réduites sont désignées par Δ_s'.

Ensuite nous avons déterminé le coefficient x. La théorie de cette détermination est exposée dans ce qui suit.

Prenons l'équation (13):

$$\frac{\alpha_s}{0.4\,x} = M - [D_s + (M_0 - D_{0,s})] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Cette équation correspond à la réduction à T_0 ($= 10700°$), et c'est pour ce cas que sont calculées les valeurs du tableau VII.

Par analogie on a dans la réduction à T_1 ($= 8700°$)

$$\frac{\alpha_s'}{0.4\,x} = M - [D_s + (M_1 - D_{1,s})], \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

où M_1 et $D_{1,s}$ se rapportent aux étoiles de température T_1. Or, la quantité α_s' ne nous est pas connue, et il faut l'exprimer par α_s.

En retranchant l'équation (25) de (13), on obtient:

$$\frac{\alpha_s - \alpha_s'}{0.4\,x} = M_1 - [D_{1,s} + (M_0 - D_{0,s})] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

La comparaison avec (13) fait voir que la partie droite de l'équation (26) correspond à la reduction à T_0 des étoiles de température T_1; donc, on peut la désigner par $\frac{\alpha_{1,s}}{0.4\,x}$. Ainsi $\alpha_s - \alpha_s' = \alpha_{1,s}$, d'où

$$\alpha_s' = \alpha_s - \alpha_{1,s} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Donc, la valeur inconnue α_s' est exprimée par les valeurs α_s et $\alpha_{1,s}$ qu'on trouve immédiatement dans le tableau VII.

Pour le cas particulier des rayons 0.640 μ la lettre s prend la valeur 1, et l'équation (27) s'écrit

$$\alpha_1{}' = \alpha_1 - \alpha_{1,1} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Pour calculer x on peut se servir de la formule (20) qui prend maintenant la forme:

$$x = \frac{\alpha_1{}'}{0.4\,\delta_1{}'}, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

où $\alpha_1{}'$ et $\delta_1{}'$ représentent les quantités α_s et δ_s dans les rayons 0.640 μ après la réduction à T_1. En introduisant dans (29) la valeur (28) de $\alpha_1{}'$, on trouve:

$$x = \frac{\alpha_1 - \alpha_{1,1}}{0.4\delta_1{}'}; \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

Rappelons que α_1 est la valeur de α_s dans les rayons 0.640μ, donnée par le tableau VII, et $\alpha_{1,1}$ — la valeur de α_s dans les mêmes rayons pour $T_1 = 8700°$. On trouve dans le tableau VII $\alpha_{1,1} = -0.061$; par conséquent, l'équation (30) devient dans ce cas:

$$x = \frac{\alpha_1 + 0.061}{0.4\,\delta_1{}'}.$$

Les derniers calculs dans le tableau XIV ne demandent pas d'explications paticulières.

§ 9. **Résultats concernant la température effective des étoiles.**

En disposant les étoiles de comparaison dans l'orde de leurs types spectraux, nous obtenons le tableau XV.

Tableau XV.

I Année	II № de l'étoile	III Type spectral	IV Température (Plaques Ilford) (Tikhoff)	V Température (Plaques Ilford) (Herassimovitch)	VI = = IV — V	VII Tempér. (Plaques Agfa)	VIII Types	IX Moyenne de IV [1])
1915	7	Ao!	10600°	9700°	+ 900°	—	Ao—A3	11000°
„	18	Ao	14000	13800	+ 200	—		
1916	3	Ao	13500	—	—	9600°		
1915	12	A1	11500	14800	—3300	—		
„	1	A2	11000	—	—	—		
„	5	A2	12000	12000	0	—		
„	9	A2	8500	8100	+ 400	—		
1916	15	A2	9100	—	—	10500		
1915	14	A3	9100	9400	— 300	—		
1916	13	A3	10600	—	—	12000		
1916	4	A5	9000 :	—	—	9100	A5	8700
„	5	A5	8700	—	—	9000		
„	6	A5	8400 :	—	—	—		
1917	5	A5	8600	—	—	—		
„	6	A5	8800	—	—	—		
1915	6	A8	7300	9000	—1700	—	A8	7500
„	10	A8	7700	8500	— 800	—		
1915	11	F	8900	8700	+ 200		Fo	7900
1916	9	Fo	7500 :	—	—			
„	14	Fo	7100	—	—	7900		
1915	16	Go	6800	6700	+ 100	—	Go	6400
1916	1	Go	6500	—	—	6400		
1915	17	Go	6200	6700	— 500	—		
1916	2	Go	6200	—	—	5500		
1916	7	G1	4500	—	—	3950	G1—G9	4600
„	11	G5	4400	—	—	3650		
1917	4	G5	5200	—	—	—		
1916	16	G9	4200	—	—	3950		
1915	2	K	4800	5600	— 800	—	Ko	4500
„	8	K	—	4200	—	—		
„	15	K	4700	5000	— 300	—		
1916	12	Ko	4100	—	—	4000		
1916	8	K2	4000	—	—	3300	K2—K5	3650
„	10	K5	3300	—	—	3100		
1915	Neptune	—	6300	6700	— 400	—	—	6400
1916	Neptune	—	6600	—	—	6600		
1917	Uranus	—	5000	—	—	—	—	5000

1) Les températures affectées dans la colonne IV du signe: sont entrées dans les moyennes avec le poids $^1/_2$.

Pour comparer les résultats obtenus sur les plaques Ilford et Agfa nous avons mis dans le tableau XVI les valeurs de T des mêmes étoiles obtenues seulement d'après nos propres mesures. Nous y avons ajouté encore les valeurs de T pour les étoiles des Pléiades photographiées sur les plaques Agfa; ces valeurs sont empruntées aux „Publications“ de l'Observatoire de Poulkovo, série II, vol. XVII, fasc. 3, p. 104.

Tableau XVI.

I Type spectral	II Nombre des étoiles	III T Plaques Ilford	IV T Plaques Agfa	V = III — IV	VI T Pléiades (Agfa)	VII = IV — VI
A0—A3	3	11100°	10700°	(+400°)	10600°	(+ 100°)
A5	2	8800	9050	—250	10700	—1650
F0	1	7100	7900	—800	10400	—2500
G0	2	6400	5950	+450	8000	—2050
G1—G9	3	4400	3850	+550	} 4100	— 200
K0	1	4100	4000	+100		
K2—K5	2	3650	3200	+450	—	—
Neptune	—	6400	6600	—200	—	—

Ce tableau fait voir qu'il existe une différence considérable entre les valeurs de T correspondant aux plaques Ilford et Agfa. Il paraît que cette différence (voir la colonne V) a un caractère systématique dépendant de T.

Entre les T des Pléiades et des étoiles de comparaison de Neptune, correspondant dans les deux cas aux plaques Agfa, il existe une différence bien plus considérable. Il y a lieu de croire qu'elle est réelle et que, par conséquent, les étoiles du groupe des Pléiades, liées physiquement (types $A5$ — $G0$), ont une température sensiblement plus élevée que la température moyenne des étoiles de ces types. Ce fait a attiré mon attention encore lors de la réduction des photographies des Pléiades; cependant, je n'y ai pas attribué alors une grande importance, en pensant que la différence constatée dépend de la différence entre ma méthode et celles d'autres observateurs.

Nous avons mis entre ( ) les différences pour les étoiles des types $A0$ — $A3$, parce qu'elles ne sont pas réelles: en effet, nous avons admis dès le commencement que ces étoiles ont en moyenne la température 10700°, et, par conséquent, les différences en question ne sont autre chose que le résultat du calcul.

§ 10. La couleur de Neptune et d'Uranus.

a) Les rayons 0.595 — 0.360 μ.

Nous avons exprimé la couleur de Neptune et d'Uranus par la température. Il va sans dire que cette température n'a rien de commun avec la température réelle

qui existe sur leur surface; elle donne seulement l'indication sur la couleur des planètes. Pour fixer les idées, nous donnerons à la température en question le nom de température „équivalente", tandis que pour la température des étoiles nous emploierons le nom universellement adopté de température „effective".

Or, l'examen de la colonne IX du tableau XV fait voir que la température équivalente de Neptune est la même que la température effective des étoiles du type *G*0, tandis que pour Uranus la température équivalente est sensiblement inférieure. Malheureusement, il n'y a parmi les étoiles de comparaison que 2 étoiles du type solaire de façon que les conséquences qui vont suivre ne peuvent être considérées comme définitives. Nous avons dans notre collection des photographies de Neptune obtenues en 1917, 1918 et 1919 d'après le même programme, et leur étude permettra, sans doute, de faire des conclusions plus certaines.

Quoiqu'il en soit, nous admettons pour le moment, comme un fait d'observation, que la couleur de Neptune indiquée par les rayons 0.595 — 0.360 μ est la même que celle des étoiles du type solaire, et que la couleur d'Uranus en diffère sensiblement, en s'approchant plutôt de celle des étoiles du type *G*5.

Or, il est bien connu que les spectres de Neptune et d'Uranus contiennent dans leur partie moins réfrangible des bandes d'absorption et que ces bandes sont plus sombres et plus larges dans le spectre de Neptune que dans celui d'Uranus. Entre les limites 0.595 — 0.360 μ les bandes les plus importantes sont: 0.576 et 0.543 μ; à part cela, la raie de l'hydrogène *F* (0.486 μ) est sensiblement plus large que dans le spectre des étoiles du type solaire [1]). Or, parmi les 4 filtres qui sont employés pour la détermination de *T*, il y en a 2, à savoir №№ 73 et 32, qui ont affaire avec ces bandes: notamment, le filtre jaune № 73 transmet les bandes 0.576 et 0.543 μ, et le filtre vert № 32 laisse passer la bande 0.543μ et la raie *F*. Il en suit que s'il n'y avait pas d'affaiblissement de l'intensité des rayons plus réfrangibles des planètes, leur température équivalente devrait être plus élévée que la température effective des étoiles du type solaire. Le fait constaté de l'égalité de ces températures dans le cas de Neptune conduit à la conclusion que dans la partie plus réfrangible du spectre de la planète il existe un affaiblissement continu de l'intensité qui compense l'effet produit par les bandes d'absorption, situées dans la partie moins réfrangible du spectre.

Dans le cas d'Uranus la température équivalente est inférieure à la température effective des étoiles du type solaire. Si les bandes d'absorption dans le spectre d'Uranus étaient de la même intensité comme dans le spectre de Neptune, le fait trouvé aurait indiqué que l'affaiblissement des rayons plus réfrangibles dans le spectre d'Uranus est plus fort que dans le cas de Neptune. Or, les bandes d'Uranus

---

1) Lowell Observatory Bulletin, № 42.

étant en réalité moins fortes que celles de Neptune, un même affaiblissement des rayons plus réfrangibles doit forcément conduire à une température équivalente moins élévée. Nous arrivons donc à la conclusion que l'affaiblissement des rayon plus réfrangibles dans les spectres de Neptune et d'Uranus est d'un même ordre de grandeur. La détermination quantitative de cet affaiblissement demande des recherches spectrophotométriques spéciales.

b) Les rayons ultraviolets (filtre № 39′).

Pour plus de clarté nous réunissons dans le tableau XVII les valeurs $\delta_6 - (\delta_s)_e$ disseminées dans les tableaux IX (suite), X (suite), XI (suite), et XIII (suite), en y ajoutant quelques calculs nouveaux. Les étoiles sont disposées dans l'ordre de leur type spectral.

Tableau XVII.

Neptune en 1915.						Neptune en 1916.					
*	Type spectral	Mesures de Tikhoff (λ eff. = 0.385 μ)		Mesures de Herassimovitch (λ eff. = 0.375 μ)		*	Type spectral	Plaques Ilford (λ eff. = 0.370 μ)		Plaques Agfa (λ eff. = 0.380 μ)	
		$\delta_6-(\delta_s)_c$	$[\delta_6-(\delta_s)_c]^2$	$\delta_6-(\delta_s)_c$	$[\delta_6-(\delta_s)_c]^2$			$\delta_6-(\delta_s)_c$	$[\delta_6-(\delta_s)_c]^2$	$\delta_6-(\delta_s)_c$	$[\delta_6-(\delta_s)_c]^2$
Neptune	—	−0.04	0.0016	−0.10	0.0100	Neptune	—	−0.34	0.1156	−0.07	0.0049
7	A0!	− .24	576	+ .04	16	—	—	—	—	—	—
18	A0	+ .07	49	+ .02	4	3 (= 18_{1915})	A0	− .15	225	+ .34	1156
12	A1	+ .08	64	+ .03	9	15	A2	.00	0	+ .09	81
1	A2	+ .36	1296	—	—	13	A3	+ .17	289	+ .22	484
5	A2	+ .06	36	− .05	25	4	A5	− .20	400	− .10	100
9	A2	− .35	1225	− .01	1	5	A5	+ .03	9	+ .33	1089
14	A3	− .03	9	− .03	9	6	A5	+ .30	900	—	—
6	A8	− .12	144	+ .20	400	9	F0	+ .30	900	—	—
10	A8	− .51	2601	− .49	2401	14	F0	− .15	225	+ .12	144
11	F	+ .20	400	+ .01	1	—	—	—	—	—	—
16	G	+ .18	324	− .03	9	1 (= 16_{1915})	G0	− .45	2025	− .13	169
17	G	+ .01	1	+ .10	100	2 (= 17_{1915})	G0	− .50	2500	− .25	625
2	K	+ .21	441	+ .28	784	7	G1	+ .05	25	− .41	1681
8	K	—	—	− .11	121	11	G5	+ .31	961	+ .11	121
15	K	+ .44	0.1936	+ .26	676	16	G9	− .26	676	+ .33	1089
						12	K0	− .26	676	− .02	4
		Somme	0.9118	Somme	0.4656	8	K2	+ .48	2304	+ .34	1156
						10	K5	+ .48	0.2304	+ .13	0.0169
		$\varepsilon_6 = \pm\sqrt{\frac{0.9118}{14}} =$ = ±0.26 degré de l'éch. = ±0.16 grandeur stell.		$\varepsilon_6 = \pm\sqrt{\frac{0.4656}{14}} =$ = ±0.18 degré = ±0.11 grand.				Somme	1 5575	Somme	0.8117
								$\varepsilon_6 = \pm\sqrt{\frac{1.5575}{16}} =$ = ±0.31 degré = ±0.19 grand.		$\varepsilon_6 = \pm\sqrt{\frac{0.8117}{14}} =$ = ±0.24 degré = ±0.14 grand.	

Le tableau XVII fait voir que les valeurs $\delta_6 - (\delta_s)_c$ n'ont pas de marche systématique bien prononcée suivant la progression du type spectral. Ces différences sont en général plus grandes que dans le cas de 4 filtres principaux; on le voit en comparant les erreurs moyennes ε_6 données dans le tableau XVII avec les erreurs moyennes $\varepsilon_{2,3,4,5}$ calculées dans les tableaux IX (suite), X (suite), XI (suite) et XIII (suite); en effet, ε_6 varie de 0.11 jusqu'à 0.19 grandeur, tandis que les limites de $\varepsilon_{2,3,4,5}$ sont 0.05 — 0.010 grandeur.

La valeur plus grande de $\delta_6 - (\delta_s)_c$ provient probablement des causes suivantes: 1) la partie correspondante du spectre n'a pas été prise en considération dans le calcul de la température et 2) une partie de ces différences peut être réelle, provenant de l'absorption de la lumière dans l'atmosphère des étoiles.

Il serait téméraire d'évaluer d'après les matériaux présents l'influence de cette dernière cause, le nombre de clichés n'étant pas suffisamment grand.

Quant à Neptune, sa valeur de $\delta_6 - (\delta_s)_c$ ne diffère pas sensiblement de la valeur correspondante des étoiles du type *G*0 et elle dépasse seulement dans un cas des quatre l'erreur moyenne ε_6.

Ainsi, dans toutes les régions du spectre, à partir de 0.595 μ jusqu'à l'ultraviolet, l'intensité de Neptune est bien représentée par la formule de Planck. On peut donc conclure que l'affaiblissement continu de l'intensité, qui compense l'effet des bandes d'absorption, se prolonge jusqu'à l'ultraviolet suivant une loi très semblable à l'influence de la température.

Or, dans le § 37 de mon mémoire déjà cité (Publications de Poulkovo, série II, vol. XVII, fasc. 3) il est démontré que la diffusion (scattering) de la lumière d'après la loi de Lord Rayleigh (λ^{-4}) change la couleur d'une façon très semblable à l'influence de l'abaissement de la température, tant que ce changement de couleur ne dépasse pas une certaine limite, d'ailleurs très considérable. Par conséquent, nous pouvons conclure, avec une probabilité assez grande, que l'atmosphère de Neptune diffuse la lumière suivant une loi semblable à celle de Lord Rayleigh.

Une conclusion analogue peut être faite à l'égard d'Uranus, au moins jusqu'aux rayons violets inclusivement, où finissent nos recherches sur cette planète.

c) Les rayons rouges.

Comme on le voit dans le tableau I, nous avons étudié au moyen du filtre № 57 les rayons rouges entre les limites 0.675 — 0.605 μ. Or, dans cette partie du spectre de Neptune et d'Uranus se trouvent 2 bandes d'absorption très fortes, à savoir 0.668 et 0.619μ. Ces bandes produisent une influence très considérable sur l'intensité des planètes dans le rouge.

Les tableaux XI (suite), XII, XIII (suite) et XIV (suite) font voir que pour les étoiles les différences $\delta_1 - (\delta_1)_c$ entre les intensités mesurées et les intensités calculées d'après la température s'expliquent plus ou moins bien par l'erreur moyenne.

Il en est tout autrement pour Neptune et Uranus. Les différences en question sont pour ces planètes toujours positives et elles dépassent très sensiblement l'erreur moyenne. Le signe + de la différence $\delta_1 - (\delta_1)_c$ montre que l'intensité observée de l'astre dans le rouge est plus faible que l'intensité calculée d'après la température trouvée par l'étude des rayons 0.595—0.360 μ.

Pour plus de clarté nous confrontons dans le tableau XVIII les resultats obtenus dans les tableaux XI (suite), XII, XIII (suite) et XIV (suite).

Tableau XVIII.

Année	Planète	Plaques employées pour la détermination de la température.	№ du cliché dans les rayons rouges	$\delta_1 - (\delta_1)_c$	Erreur moyenne	Poids [1]
				en grandeurs stellaires		
1916	Neptune	Ilford-Rapid-Chromatic	1350	+0.40	±0.08 ou ± .06	7
"	"	" " "	1367	+ .55	± .09	4
"	"	Agfa - Chromo	1367	+ .85	± .19	1
		Moyenne (avec les poids)		+ .49	± .09	
1917	Uranus	Ilford-Rap.-Chromat. et Ilford-Versatile-Ortho	1522 et 1523	+ .80	± .01	

Il est difficile de décider si les différences entre les 3 valeurs de $\delta_1 - (\delta_1)_c$ de Neptune sont, au moins en partie, réelles; en effet, elles peuvent être expliquées assez naturellement par les erreurs moyennes qui sont composées, d'ailleurs, principalement des erreurs accidentelles de mesure et des plaques sensibles, étant plus ou moins libres des erreurs systématiques. Il se peut donc que la discordance entre les 3 valeurs de $\delta_1 - (\delta_1)_c$ pour Neptune est due tout simplement aux erreurs d'observation.

Par contre, il paraît, d'après la petitesse de l'erreur moyenne, que la différence $\delta_1 - (\delta_1)_c$ pour Uranus est réellement plus grande que pour Neptune. De prime abord ceci semble être en contradiction avec le fait que les bandes d'absorption d'Uranus sont moins sombres que celles de Neptune. Cependant, comme la température équivalente d'Uranus s'est montrée sensiblement inférieure à celle de Neptune, la

1) Les poids sont calculés d'après les erreurs moyennes.

valeur calculée de l'intensité dans le rouge est plus grande pour Uranus que pour Neptune, ce qui explique sans difficulté le fait trouvé.

Ainsi, la couleur bleue de Neptune et d'Uranus provient presque exclusivement des bandes d'absorption dans le rouge.

§ 11. La question de la rotation de Neptune.

Nos photographies de Neptune en 1915 ont été prises le 7 et le 28 mars. Or, justement à cette époque M. Maxwell Hall faisait des observations photométriques de cette planète sur l'île Jamaïque[1]), en se servant de deux étoiles de comparaison qui figurent aussi dans nos études sous les №№ 10 et 11. Ces observations duraient du 26 février jusqu'au 10 mai 1915. M. Maxwell Hall a trouvé que dans le délai du 26 février jusqu'au 30 mars l'éclat de Neptune changait assez régulièrement, avec la période de $7^h.835$ ou $7^h50^m6^s$; l'intensité de différents maxima et minima avait des valeurs sensiblement différentes: ainsi les grandeurs extrêmes des maxima ont été 6.88 et 7.27; la différence entre l'éclat du maximum maximorum et du minimum minimorum a atteint presque 0.9 grandeur. Au mois d'avril la régularité des variations s'est troublée, et au mois de mai les changements ont complètement cessé.

Dans la note de M. Maxwell Hall sont donnés les moments des maxima et la courbe moyenne de variation d'éclat de Neptune. En nous servant de ces données, nous avons calculé, pour les moments de nos observations, les phases (comptées à partir du maximum) et la grandeur de la planète. Nous avons encore calculé, pour nos observations du 7 et du 28 mars, la différence entre la grandeur de Neptune et la grandeur moyenne de toutes les étoiles de comparaison, qui sont mesurées, dans chaque région du spectre, sur les cliches de toutes les deux nuits. Enfin, nous avons calculé la différence entre la grandeur de Neptune et la grandeur moyenne des étoiles 10 et 11 dont se servait aussi M. Maxwell Hall. Ces différences sont calculées d'après les valeurs a et b du tableau VI, sections 1 et 2; dans le cas de mes mesures du cliché № 1257 on s'est servi de la valeur b' (tableau $VI_{,1}$). Pour passer des degrés de l'échelle aux grandeurs stellaires on a employé le facteur 0.6 et l'on a changé le signe des différences. Les résultats de tous ces calculs sont réunis dans le tableau XIX.

---

1) The Rotation-period of Neptune. Monthly Notices, vol. 75, p. 626. June 1915.

Tableau XIX.

Neptune en 1915.

№ du cliché	Date	Région du spectre	Phase	Grandeur	Grandeur de Neptune moins la grandeur moyenne de toutes les étoiles de comparaison		Grandeur de Neptune moins la grandeur moyenne des étoiles №№ 10 et 11.	
			d'après M. Maxwell Hall		(Tikhoff)	(Herassim.)	(Tikhoff)	(Herassim.)
1240	mars 7	0.565 μ	$4^h 32^m$	7.52	−0.44	−0.34	−0.97	−0.99
1255	„ 28	„	8 4	7.15	— .32	— .26	— .89	— .85
			Différence	+0.37	— .12	— .08	— .08	— .14
1242	mars 7	.525	5 51	7.32	— .59	— .38	— .83	— .81
1257	„ 28	„	1 8	7.33	— .44	— .44	— .70	— .93
			Différence	—0.01	— .15	+ .06	— .13	+ .12
1239	mars 7	.460	4 15	7.56	— .21	— .18	— .76	—1.02
1254	„ 28	„	0 0	7.12	— .19	— .17	— .83	— .61
			Différence	+0.44	— .02	— .01	+ .07	— .41
1241	mars 7	.395	5 26	7.39	— .07	— .16	— .55	— .57
1256	„ 28	„	0 49	7.27	+ .07	+ .01	— .38	— .53
			Différence	+0.12	— .14	— .17	— .17	— .04
1238	mars 7	385 ou .375	3 58	7.60	— .01	— .03	— .22	— .38
1253	„ 28	„ „	7 35	7.12	— .10	— .20	— .58	— .48
			Différence	+0.48	+ .09	+ .17	+ .36	+ .10

Ce tableau fait voir que mes mesures et celles de M. Herassimovitch ne manifestent aucun changement certain de l'éclat de Neptune qui résulterait de la courbe moyenne de M. Maxwell Hall. Il paraît donc que nos résultats concernant la température équivalente de Neptune n'ont pas beaucoup souffert des variations de l'éclat de la planète. Quoiqu'il en soit, il serait très avantageux, pour la détermination de la température équivalente de Neptune, de prendre des photographies dans toutes les partias du spectre simultanément, en se servant d'un astrographe à plusieurs objectifs.

Une remarque analogue peut s'appliquer aussi à Uranus dont l'éclat paraît changer de 0.15 grandeur avec la période de $0^j.451$ [1]).

1) Harvard College Observatory Circular, № 200.

Conclusion.

On peut résumer les résultats de cette étude comme il suit:

1) On a déterminé le type spectral et la température effective de 31 étoiles dont 28 ont la grandeur entre 7 et 9.

2) La température effective des étoiles appartenant au groupe physique des Pléiades paraît être sensiblement supérieure à la température effective des étoiles des mêmes types spectraux dans d'autres parties du ciel.

3) En mettant à part les rayons rouges, la couleur de Neptune ne diffère pas sensiblement de la couleur des étoiles du type spectral solaire.

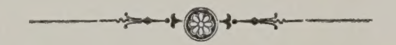
4) Avec la même restriction, la couleur d'Uranus est proche de celle des étoiles du type *G*5.

5) A part les bandes d'absorption, il paraît que les atmosphères de Neptune et d'Uranus diffusent la lumière suivant une loi analogue à celle de Lord Rayleigh, l'ordre de cette diffusion étant le même pour les deux planètes.

6) La couleur bleuâtre de Neptune et d'Uranus provient presque exclusivement des bandes d'absorption dans les rayons rouges.

7) Pour éviter l'influence possible des variations d'éclat de Neptune et d'Uranus sur la détermination de leur température équivalente, il est désirable de prendre des photographies de ces planètes dans toutes les couleurs simultanément.

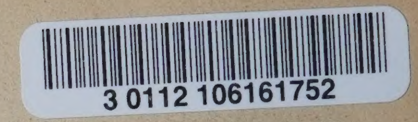
Poulkovo, avril 1919.



Напечатано по распоряжению Совета астрономов Главной Российской Астрономической Обсерватории в Пулкове.
Директор *А. Иванов.*

Российская Государственная Академическая Типография.

Р. Ц. № 3034. — 550 экз.


3 0112 106161752